

**UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
JUNTA DE ENERGÍA NUCLEAR (ESPAÑA)**



TESIS DOCTORAL

**Variaciones fisiológicas observadas en tubérculos de patata
(solanum tuberosum L.) después de un tratamiento con
radiación gamma**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR
PRESENTADA POR

M. P. Mazón Matanzo

DIRECTOR:

Jesús Fernández González

Madrid, 2015

577.1

MAZ



BIBLIOTECA U.C.M.

5307722934

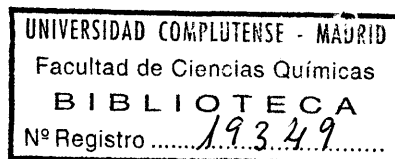
VARIACIONES FISIOLÓGICAS OBSERVADAS
EN TUBERCULOS DE PATATA (*Solanum
tuberosum* L.) DESPUES DE UN TRATAMIENTO
CON RADIACION GAMMA

x 53227593-3

Por
MARIA PILAR MAZON MATANZO

MEMORIA

presentada para aspirar al Grado
de Doctor en Ciencias Químicas



JUNTA DE ENERGIA NUCLEAR
MADRID, OCTUBRE 1975

VARIACIONES FISIOLOGICAS OBSERVADAS EN TU-
BERCULOS DE PATATA (*Solanum tuberosum* L.)
DESPUES DE UN TRATAMIENTO CON RADIACION
GAMMA

El presente trabajo ha sido realizado en la Sección de Aplicaciones de Isótopos (actualmente Unidad Operativa de Isótopos) de la Junta de Energía Nuclear.

Quiero aquí expresar mi agradecimiento:

Al Dr. D. Jesús Fernández González, por su dirección y ayuda constante en la realización del trabajo y redacción de la Memoria.

Al Profesor D. José Luis Soto Cámara, por aceptar ser padrino de esta tesis, así como por la lectura y comentarios del manuscrito.

Al Profesor D. Carlos Vicente Córdoba, por la revisión de los puntos relacionados con la Fisiología Vegetal, que se tratan en esta Memoria.

A todas las autoridades de la Junta de Energía Nuclear, por las facilidades concedidas para efectuar este trabajo.

Al Instituto de Estudios Nucleares, por la ayuda económica facilitada.

Al Dr. D. Nicasio Ortín Suñé y Dra. D^a M^a Angeles García Collantes, por los datos bibliográficos facilitados y por la colaboración en el desarrollo del tema.

Al Dr. D. Carlos Dávila Sánchez, por las facili
dades concedidas para utilizar los equipos de su De-
partamento.

A los compañeros del laboratorio, por la ayuda
prestada en todo momento y a todo el personal técnico
y auxiliar que ha colaborado.

A D. Marcial García Galán y D. Miguel Fernández
Tabera, por el interés que han puesto en la mecanogra-
fía del texto y en la delineación de las figuras.

Finalmente, al Servicio de Biblioteca y Documen-
tación de la Junta de Energía Nuclear, especialmente a
D. José García Esteiro, D. Carlos Sixto Couso y Srta.
Araceli López Isla, por el interés que han mostrado en
la publicación de esta Memoria.

- - -

RESUMEN

1. INTRODUCCION	1
1.1. OBJETO E INTERES DEL TEMA	1
1.2. FISIOLOGIA DEL TUBERCULO DE PATATA	3
1.2.1. Ciclo de formación	3
1.2.2. Evolución en la fase de latencia	4
1.2.2.1. Fase de reposo	4
1.2.2.2. Fase de dormición	6
1.2.2.3. Fase de brotación	7
1.2.3. Pérdida de peso durante la conservación	10
1.2.3.1. Por respiración	10
1.2.3.2. Por transpiración	13
1.2.3.3. Por brotación	13
1.2.4. Anatomía	14
1.2.5. Composición química	17
1.2.5.1. Distribución de las sustancias químicas	23
1.2.5.2. Evolución del metabolismo	29
1.2.5.2.1. Hidratos de carbono	29
1.2.5.2.2. Enzimas respiratorios	32
1.2.5.2.3. Lípidos	36

	<u>Página</u>
1.2.5.2.4. Compuesto nitroge nados	37
1.2.5.2.5. Acidos orgánicos	37
1.2.5.2.6. Vitaminas	38
1.2.5.2.7. Compuestos fenóli cos	40
1.2.5.2.8. Solanina	42
1.2.5.2.9. Clorofila	43
1.3. TRATAMIENTOS QUE INFLUYEN EN LA BROTACION DEL TUBERCULO	44
1.3.1. Tratamientos empleados para romper el estado de reposo	44
1.3.2. Tratamientos clásicos empleados para prolongar el estado de reposo o dormi- ción	46
1.3.2.1. Generalidades	46
1.3.2.2. Conservación a baja temperatu ra	47
1.3.2.3. Tratamientos con inhibidores químicos	48
1.3.3. Empleo de la radiación gamma	54
1.4. EFECTOS DE LA RADIACION GAMMA SOBRE MATERIAL BIOLOGICO	57
1.4.1. Introducción	57
1.4.2. Efectos de la radiación gamma sobre com puestos de importancia biológica	58
1.4.2.1. Agua	59

	<u>Página</u>
1.4.2.2. Hidratos de carbono	61
1.4.2.3. Lípidos	62
1.4.2.4. Proteínas	63
1.4.2.5. Acidos nucleicos	67
1.4.2.6. Vitaminas	69
1.4.2.7. Contenido mineral	70
 1.5. EFECTOS ESPECIFICOS DE LA RADIACION GAMMA SOBRE EL TUBERCULO DE PATATA	 71
1.5.1. Generalidades	71
1.5.2. Brotación	71
1.5.3. Variación de peso y materia seca	73
1.5.4. Respiración	75
1.5.5. Enzimas respiratorios	75
1.5.6. Azúcares solubles	77
1.5.7. Nitrógeno	79
1.5.8. Acido ascórbico	80
1.5.9. Acidos fenólicos	81
1.5.10. Conductividad eléctrica y pH	82
1.5.11. Infecciones microbianas	83
1.5.12. Peridermo de heridas	84
 1.6. EFECTO DE LA RADIACION GAMMA SOBRE EL DE SARROLLO DE TEJIDOS CULTIVADOS "IN VITRO"	 86
1.6.1. Generalidades	86
1.6.2. Efecto directo	86

	<u>Página</u>
1.6.3. Efecto a distancia	88
1.7. IDENTIFICACION DE PATATAS IRRADIADAS	94
1.8. APROBACION OFICIAL DEL CONSUMO DE PATATAS IRRADIADAS	97
2. MATERIAL Y METODOS	101
2.1. TUBERCULOS EMPLEADOS	101
2.1.1. Características de la variedad	101
2.1.2. Selección de los tubérculos	101
2.2. TRATAMIENTOS	103
2.2.1. Radiación gamma	103
2.2.2. IPC	103
2.2.3. HM	104
2.2.4. Refrigeración	104
2.2.5. Condiciones de almacenamiento	104
2.3. TECNICA DEL CULTIVO DE PARENQUIMA AMILIFERO DE PATATA	105
2.3.1. Medio nutritivo	105
2.3.2. Siembra	105
2.3.3. Condiciones de cultivo	107

2.4. EVALUACION DE PARAMETROS EN TUBERCULOS DE PATATA	108
2.4.1. Epocas de realización	108
2.4.2. Brotación	108
2.4.3. Variación de peso	108
2.4.3.1. Peso fresco	108
2.4.3.2. Contenido en humedad	109
2.4.4. Actividad respiratoria	109
2.4.4.1. Respiración del parénquima	109
2.4.4.2. Determinaciones enzimáticas de la fracción mitocondrial	113
2.4.4.3. Actividad de la polifenol-oxidasa	116
2.4.5. Azúcares solubles	119
2.4.6. Acido ascórbico	124
2.4.7. Acidos fenólicos	125
2.4.8. Conductividad	127
2.4.9. pH	129
2.4.10. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales	129
2.4.11. Peridermo de heridas	129
2.5. EVALUACION DE PARAMETROS EN TEJIDOS DE PARENQUIMA AMILIFERO DE PATATA CULTIVADOS - "IN VITRO"	130
2.5.1. Epocas de realización	130

	<u>Página</u>
2.5.2. Proliferación celular	130
2.5.3. Variación de peso	130
2.5.3.1. Peso fresco	130
2.5.3.2. Peso seco	131
2.5.3.3. Peso seco corregido	131
2.5.4. Actividad respiratoria	132
2.5.5. Acido ascórbico	132
2.5.6. Conductividad	133
2.5.7. pH	133
2.5.8. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales	133
3. RESULTADOS	134
3.1. TUBERCULOS DE PATATA	134
3.1.1. Brotación	134
3.1.2. Variación de peso	147
3.1.2.1. Peso fresco	147
3.1.2.2. Contenido en humedad	147
3.1.3. Actividad respiratoria	155
3.1.3.1. Respiración del parénquima	155
3.1.3.2. Determinaciones enzimáticas de la fracción mitocondrial	155
3.1.3.3. Actividad de la polifenol-oxidasa	156

	<u>Página</u>
3.1.4. Azúcares solubles	170
3.1.5. Acido ascórbico	170
3.1.6. Acidos fenólicos	171
3.1.7. Conductividad	194
3.1.8. pH	194
3.1.9. Infecciones microbianas y otras ob- servaciones visuales	203
3.1.10. Peridermo de heridas	204
3.2. TEJIDOS DE PARENQUIMA AMILIFERO DE PATATA CULTIVADOS "IN VITRO"	208
3.2.1. Influencia de la irradiación sobre el desarrollo y metabolismo	208
3.2.1.1. Proliferación celular	208
3.2.1.2. Variación de peso	209
3.2.1.3. Actividad respiratoria	220
3.2.1.4. Acido ascórbico	220
3.2.1.5. Conductividad	225
3.2.1.6. pH	225
3.2.1.7. Infecciones microbianas y otras observaciones visua- les	230
3.2.2. Estudio comparativo del desarrollo de tejidos procedentes de tubércu- los sometidos a cuatro tratamien- tos	232

	<u>Página</u>
4. DISCUSION DE RESULTADOS	238
4.1. TUBERCULOS DE PATATA	238
4.1.1. Brotación	238
4.1.2. Variación de peso	241
4.1.3. Actividad respiratoria	245
4.1.4. Azúcares solubles	253
4.1.5. Acido ascórbico	258
4.1.6. Acidos fenólicos	261
4.1.7. Conductividad	264
4.1.8. pH	268
4.1.9. Infecciones microbianas	269
4.1.10. Peridermo de heridas	271
4.2. TEJIDOS DE PARENQUIMA AMILIFERO DE PATATA CULTIVADOS "IN VITRO"	273
4.2.1. Influencia de la irradiación sobre el desarrollo y metabolismo	273
4.2.1.1. Proliferación celular	273
4.2.1.2. Variación de peso	274
4.2.1.3. Actividad respiratoria	277
4.2.1.4. Acido ascórbico	279
4.2.1.5. Conductividad	280
4.2.1.6. pH	281
4.2.1.7. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales	282

	<u>Página</u>
4.2.2. Estudio comparativo del desarrollo de tejidos procedentes de tubérculos sometidos a cuatro tratamientos	282
4.3. RESUMEN COMPARATIVO	285
4.3.1. Tubérculos de patata	285
4.3.2. Tejidos de parénquima amilífero de patata cultivados "in vitro"	290
5. APLICACIONES PRACTICAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS	293
5.1. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACION DE TUBERCULOS POR IRRADIACION PARA ESPAÑA	293
5.2. DETECCION DEL TRATAMIENTO DE IRRADIACION EN TUBERCULOS	299
5.2.1. Tests basados en alteraciones bioquímicas	299
5.2.2. Tests basados en las características fisicoquímicas	299
5.2.3. Tests basados en la proliferación celular	300
6. CONCLUSIONES	303
7. BIBLIOGRAFIA	310

	<u>Página</u>
ANEXO I : Abreviaturas y símbolos utilizados	335
ANEXO II : Indice de Tablas	337
ANEXO III: Indice de Figuras	344
ANEXO IV : Justificación Estadística	351

- - -

RESUMEN

Se ha realizado un estudio comparativo, de la evolución, durante seis meses de almacenamiento, de diversos parámetros bioquímicos, fisiológicos y fisicoquímicos, entre tubérculos irradiados, temprana y tardíamente, con dosis de 3, 6, 9 y 12 Krad, tubérculos tratados con un inhibidor químico (IPC) y tubérculos testigo. Los parámetros estudiados fueron: brotación, peso, respiración, azúcares solubles, ácido ascórbico, ácidos fenólicos, conductividad y pH, encontrándose que los límites de variación de los parámetros bioquímicos considerados, en los tubérculos irradiados con respecto al testigo, no son importantes, por lo que se puede decir que la irradiación no tiene incidencia importante en la composición de los tubérculos. Las diferencias que se observan en cuanto a pérdida de peso, brotación y conservación, en general son favorables al tratamiento de irradiación.

También se ha estudiado la incidencia de la radiación gamma en la proliferación de tejidos de parénquima amilífero de patata cultivados "in vitro", encontrándose que la radiación ejerce su poder inhibitorio de la división celular, tanto sobre las células meristemáticas del brote como sobre las del parénquima.

Como consecuencia de los resultados obtenidos se ha llegado a la conclusión de que los tubérculos irradiados

reducen las pérdidas, a los seis meses del almacenamiento, en un 70 %, sin presentar alteraciones sensibles en su composición química. También se ha evaluado la posibilidad de aplicación de diversos criterios como tests de identificación de tubérculos irradiados, encontrando que los que ofrecen más garantías, entre los estudiados, son el de cultivo de tejidos "in vitro", el de formación del "peridermo de heridas" y el de conductividad.

1. I N T R O D U C C I O N

1. INTRODUCCION

1.1. OBJETO E INTERES DEL TEMA

Desde los primeros tiempos de utilización de las radiaciones ionizantes en la conservación de alimentos, un problema que ha preocupado profundamente, tanto a los investigadores como a las autoridades de los países que han querido implantar esta técnica, ha sido la posibilidad de que se produjeran alteraciones en la composición del alimento irradiado.

Siendo la patata uno de los productos que actualmente ofrece mejores perspectivas para su conservación por irradiación y, hasta ahora, junto con la cebolla los únicos alimentos que han sido aprobados oficialmente en España para ser conservados por este método, se comprende el interés que representa la realización de un estudio de los cambios que se producen en los índices bioquímicos, fisiológicos y fisicoquímicos de los tubérculos, durante el periodo de almacenamiento que sigue al tratamiento de irradiación.

En el presente trabajo, se ha realizado un estudio comparativo de la evolución de diversos parámetros bioquímicos, fisiológicos y fisicoquímicos, en-

tre tubérculos irradiados temprana y tardamente con dosis de 3, 6, 9 y 12 Krad, tubérculos tratados con un inhibidor químico (IPC) y tubérculos testigo, durante seis meses de almacenamiento.

La finalidad perseguida en este estudio es doble: por una parte estudiar los límites de variación de los parámetros considerados, con objeto de determinar la incidencia del tratamiento en la composición de los tubérculos y, por otra, como consecuencia de estos resultados, tratar de establecer algún criterio que sirva para diferenciar tubérculos irradiados, tubérculos tratados con IPC y tubérculos no sometidos a ningún tratamiento. La importancia de este último punto es grande, ya que uno de los problemas que se plantean para el control oficial de la irradiación de alimentos, es la detección a posteriori del tratamiento realizado.

1.2. FISIOLOGIA DEL TUBERCULO DE PATATA

La patata (*Solanum tuberosum* L.) es una planta herbácea que pertenece a la familia de las Solanáceas. Aunque es una planta anual, se puede considerar como perenne en potencia, a causa de su capacidad para reproducirse vegetativamente por medio del tubérculo.

1.2.1. Ciclo de formación del tubérculo

Al observar el ciclo vegetativo de la patata, se pueden distinguir cuatro fases bien diferenciadas.

Una vez que los tubérculos han finalizado su desarrollo se muere la parte aérea de la planta madre y el tubérculo comienza su vida independientemente. Esta primera fase de la vida del tubérculo se denomina fase de latencia y en ella ocurren una serie de transformaciones que hacen pasar a las yemas del tubérculo desde un estado inicial de reposo, en el que no pueden desarrollarse, hasta un estado de brotación.

La segunda fase, es la de crecimiento vegetativo de la parte aérea, y comprende desde la brotación hasta el comienzo de la formación de nuevos tubérculos en la planta. En esta fase tiene lugar el crecimiento del sistema radicular y aéreo, ocurriendo este desarrollo vegetativo, al principio, a expensas de las reservas del tubérculo inicial y, posteriormente, por la actividad fotosintética

de las hojas.

La tercera fase, tuberización, comprende desde el comienzo de la formación de los tubérculos hasta la floración, ocurriendo en ella un aumento progresivo en el tamaño de los tubérculos. La porción aérea detiene su crecimiento y al final de este periodo aparecen los primeros síntomas de marchitez.

La cuarta fase, senescencia de la parte aérea y fin de la tuberización, comprende desde la floración hasta la muerte y desecación de la planta. En esta fase, los tubérculos concluyen su formación y quedan en el suelo en espera de ser recolectados.

1.2.2. Evolución del tubérculo en la fase de latencia

A lo largo de la vida del tubérculo se pueden distinguir dos fases: la de reposo o letargo y la de crecimiento o desarrollo. A continuación se estudian de talladamente.

1.2.2.1. Fase de reposo

Es el estado en que se encuentran los tubérculos en el momento de su recolección. Los tubérculos no pueden brotar, debido a causas fisiológicas internas, incluso en condiciones óptimas de luz, temperatura y humedad.

Para explicar las causas de este estado se han propuesto varias hipótesis que se anali

zan a continuación.

- Primitivamente, Appleman (1914 y 1916) relacionó el estado de reposo con la impermeabilidad al oxígeno del peridermo. Thornton (1939), a diferencia de Appleman, postuló que se trataba de una gran permeabilidad del peridermo al oxígeno. A este respecto Comé (1968) observó un aumento en la permeabilidad al oxígeno en tubérculos almacenados a 5°C y una mayor aireación de los tejidos; sin embargo a 20°C, temperatura a la que los tubérculos brotan activamente, no observó estos fenómenos.
- Hemberg (1965) relacionó el estado de reposo con un bajo contenido en auxinas, ya que durante este periodo no se detecta su actividad en los meristemos. Este criterio es discutible ya que en ocasiones el ácido indolacético (AIA), a determinadas concentraciones, actúa como inhibidor de la brotación como ocurre en el caso de la dominancia apical.
- Actualmente la teoría más aceptada explica el estado de reposo por la presencia de un complejo inhibidor del crecimiento existente en el peridermo (Blumenthal-Goldschmidt y Rappaport, 1965; El-Antably y colaboradores, 1967; Walker, 1968, etc.). Este complejo inhibidor, presente en la fracción ácida de los extractos de la piel de patatas en reposo, tiene las mismas características que el inhibidor β encontrado por Bennet-Clark y Kefford (1953) en distintas plantas. El efecto inhibidor que posee este

complejo parece ser debido principalmente al ácido abscísico (ABA) (Milborrow, 1967). Por cromatografía se ha comprobado que el complejo β -inhibidor está constituido por varias sustancias y comparando su acción biológica con la del ABA, resulta que el complejo β es mucho más activo (Holst, 1971). Además del ABA en la composición del complejo β , parecen estar presentes otros ácidos tales como salicílico, cumárico, cinámico, transcinámico y azelaico.

A lo largo de la vida del tubérculo hay un balance entre inhibidores ácidos por una parte y giberelinas y glutatión por otra. En el periodo de reposo, el contenido en inhibidores ácidos es alto y los niveles de giberelinas endógenas y contenido en glutatión permanecen bajos (Smith y Rappaport, 1961, Brunnima, 1962).

En condiciones normales de almacenamiento, la duración de la fase de reposo suele oscilar entre dos y cuatro meses según la variedad, reduciéndose este periodo al aumentar la temperatura y humedad relativa. Cuando finaliza la fase de reposo, bien sea natural o artificialmente, desaparecen los inhibidores ácidos y aumentan las giberelinas endógenas y las formas oxidadas y reducidas de glutatión (Smith y Rappaport, 1961, Bielinska-Czarnicka y Domanska, 1969).

1.2.2.2. Fase de dormición

Terminada la fase de reposo, el tubérculo está capacitado para brotar, pero el que lo haga o no,

depende exclusivamente de las condiciones externas y principalmente de la temperatura. Si los tubérculos están sometidos a temperaturas inferiores a las normales, se conservan sin germinar y su estado se denomina de "dormición". En el periodo de dormición son, pues, causas externas las que controlan la brotación.

1.2.2.3. Fase de brotación

Puede definirse la brotación del tubérculo como una manifestación aparente de la evolución fisiológica. Pasado el estado de reposo, si el tubérculo encuentra condiciones favorables para la brotación, suele desarrollar la yema apical, dando, en general, un solo brote por planta. Si los tubérculos han pasado por estado de dormición, una vez que termina esta, se desarrolla un número de brotes proporcional al tiempo transcurrido.

En los tubérculos almacenados, una vez que han salido de su estado de reposo, la brotación ocurre según un proceso de tipo sigmoide normal. Este proceso es muy lento al principio y se acelera progresivamente hasta alcanzar un máximo hacia los tres meses de finalizado el reposo. A partir de este momento se va deteniendo progresivamente el crecimiento por agotamiento de las reservas y llega a pararse completamente unos dos o tres meses después de haber alcanzado el máximo. Durante la brotación, el tubérculo utiliza las sustancias re

guladoras del crecimiento que se han acumulado durante el periodo de desarrollo vegetativo, observándose un aumento del contenido en triptófano (Szalai, 1959a). También se observa en este periodo que el contenido en giberelinas aumenta más de treinta veces (Smith y Rappaport, 1961 y Rappaport y Smith, 1962).

El tubérculo durante la brotación, tiene una gran sensibilidad a las mínimas variaciones que ocurren en las condiciones de almacenamiento, estando el porcentaje de germinación íntimamente relacionado con la temperatura ambiente:

A 2°C la brotación es prácticamente imposible, ocurriendo con mucha dificultad a 4°C. Entre 7 y 9°C, una vez finalizado el estado de reposo, los tubérculos comienzan a brotar y si la temperatura sube por encima de 12°C, la brotación se produce abundantemente (Fig.1).

Durante el periodo de almacenamiento, por compresión de unos tubérculos con otros, pueden desarrollarse brotes internos. Estos brotes proceden de yemas que al desarrollarse han atravesado al propio tubérculo o a uno adyacente, según que la posición relativa de la yema en el tubérculo sea inferior o superior, respectivamente.

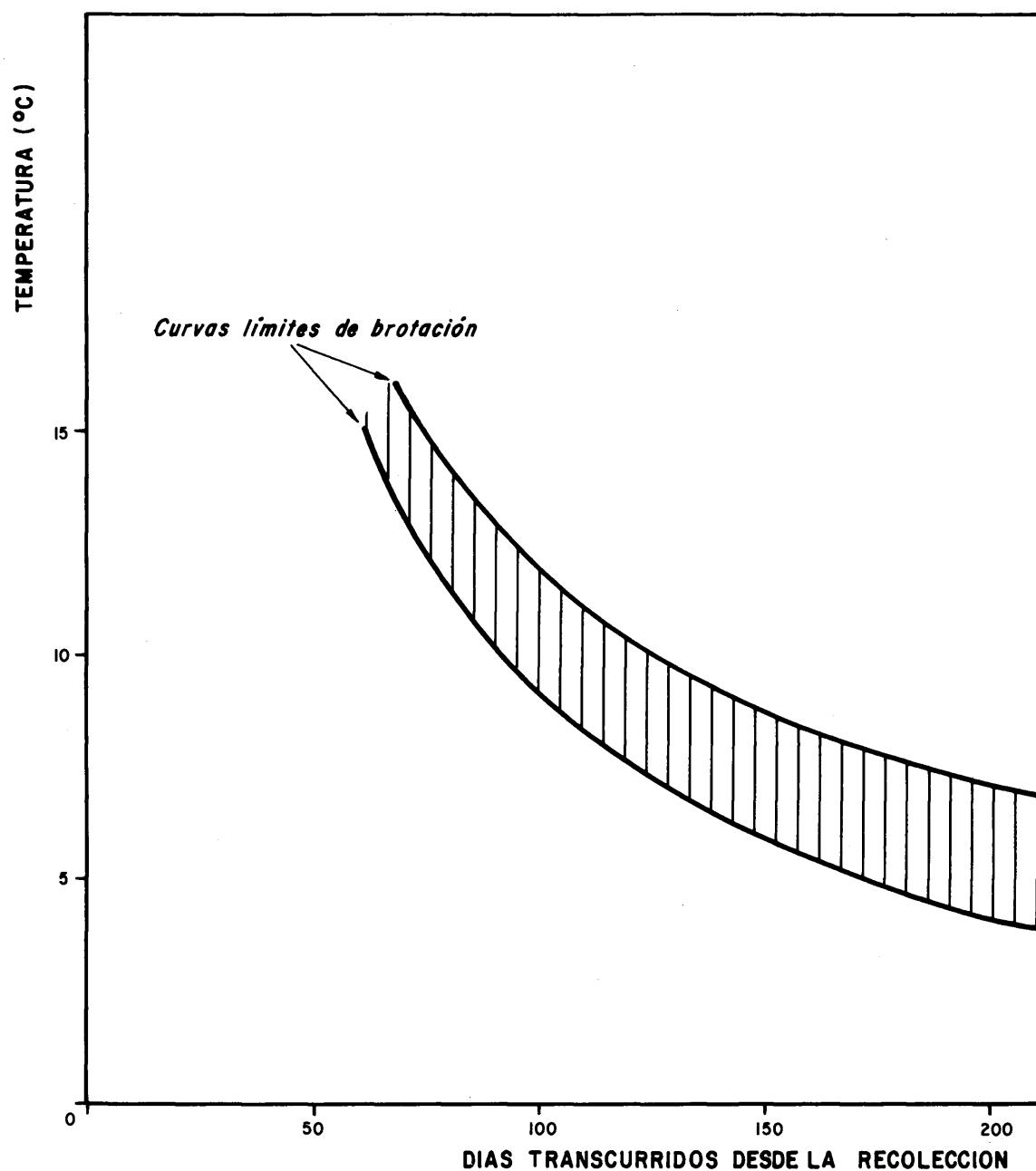


Fig. 1.—Brotación de los tubérculos de patata almacenados en función de la temperatura. La zona rayada representa la localización de las posibles curvas de brotación para las diferentes variedades (Tomado de Ulmann, 1970).

1.2.3. Pérdida de peso del tubérculo durante la conservación

La pérdida de peso durante la conservación, resulta generalmente del efecto acumulativo de numerosos factores, siendo los principales: respiración, transpiración y brotación que se analizan seguidamente.

1.2.3.1. Pérdidas por respiración del tubérculo

Una de las actividades fisiológicas que alteran la conservación del tubérculo es la respiratoria, por medio de la cual el tubérculo obtiene la energía necesaria para realizar sus procesos fisiológicos oxidando la materia orgánica.

La cantidad de anhídrido carbónico desprendido (CO_2), para una temperatura media de 15°C , puede estimarse en un valor que oscile entre 299'6 y 359'5 mmoles de $\text{CO}_2/\text{Tm/h}$, que equivale a una pérdida de materia seca de 9 y 10'8 g/Tm/h, respectivamente. Este valor citado anteriormente corresponde a tubérculos recolectados recientemente y según se ha visto, pasadas de tres a cuatro semanas, la actividad respiratoria desciende a valores comprendidos entre 71'9 y 119'8 mmoles de $\text{CO}_2/\text{Tm/h}$. En la época de crecimiento activo de los brotes se llegan a alcanzar valores próximos a los obtenidos inicialmente.

Paralelo al desprendimiento de CO_2 , se observa en los tubérculos almacenados un desprendimiento de calor, como consecuencia de las reacciones metabólicas, variando desde 38 Kcal/Tm/h para la fase inicial hasta 7-12 Kcal/Tm/h para el periodo intermedio. Por este motivo se aconseja ventilar con aire fresco los almacenes, especialmente en los primeros días después de la recolección.

Aunque se observan diferencias en la actividad respiratoria de los tubérculos según su estado de desarrollo, lo que más influye es el modo de conservación y muy especialmente la temperatura y humedad relativa, produciéndose un descenso en la actividad respiratoria al disminuir la temperatura. Al observar el proceso respiratorio en función de la temperatura en diferentes especies vegetales (Fig. 2), se observa un mínimo entre 5 y 10°C y un máximo entre 30 y 40°C. La aceleración de este fenómeno, entre estos dos puntos, es función directa de la temperatura y tiende a aproximarse a la ley de Van't Hoff.

Algunos autores atribuyen la acumulación de azúcares, en los tubérculos que se conservan a bajas temperaturas, al descenso observado en la actividad respiratoria. Paez y Hultin (1970), estudiaron el efecto de este descenso sobre la acumulación de azúcares y establecieron que hasta un 13 % del aumento

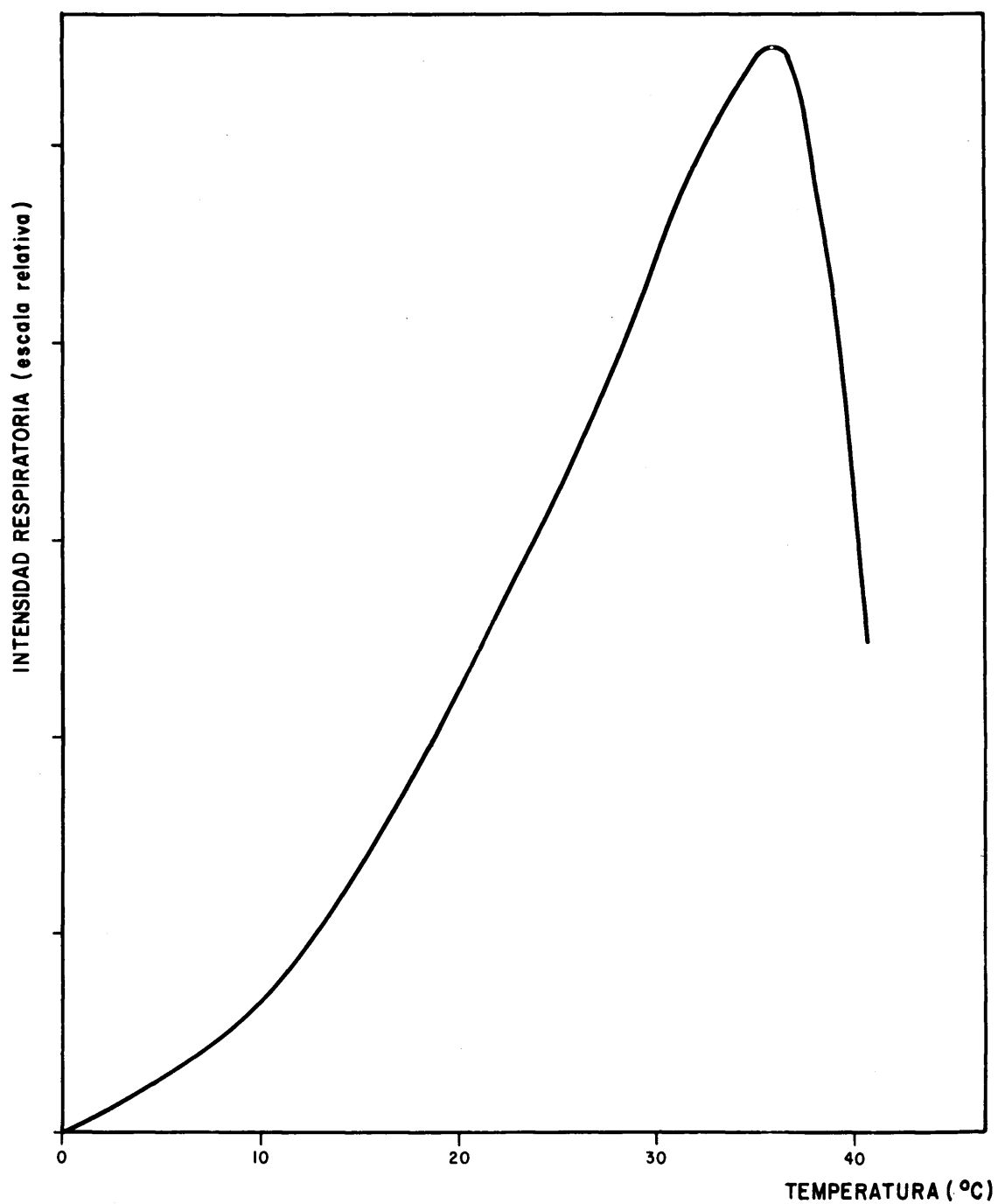


Fig. 2.—Variación de la intensidad respiratoria en vegetales en función de la temperatura (Tomado de Rojas Garcidueñas, 1972).

en azúcares podría ser debido a la reducción de la actividad respiratoria.

1.2.3.2. Pérdidas por transpiración del tubérculo

El desprendimiento de vapor de agua a través de la piel del tubérculo, da como resultado la pérdida de peso. Cuando la pérdida de humedad supera el 5 % se notan en el tubérculo síntomas de pérdida de turgencia. La intensidad de transpiración depende del estado higrométrico del aire circundante y de la protección que proporciona la parte suberosa de la piel.

Durante la primera semana después de la recolección las pérdidas oscilan entre el 0'8 y 1'2 % en tubérculos conservados a 10°C. Al finalizar el periodo de almacenamiento, la germinación puede incrementar la pérdida de agua, debido a que los brotes no tienen una barrera eficaz como los tubérculos. Esta pérdida puede alcanzar hasta un 15 % en tubérculos brotados después de seis meses de almacenamiento, en lugar del 9 % observado en tubérculos sin brotar.

1.2.3.3. Pérdidas por brotación del tubérculo

La brotación aumenta las pérdidas de peso por varios motivos. La pérdida principal se debe al hecho de que los brotes se forman a partir de las reservas del tubérculo. Este proceso acelera también

las pérdidas por respiración y transpiración, según se vio anteriormente. Al formarse los brotes aumentan los azúcares solubles por hidrólisis del almidón, lo que conduce a un aumento de la respiración. Las pérdidas por brotación, a los seis meses del almacenamiento, oscilan entre el 13 y 25 % de las totales, en tubérculos conservados a 10°C.

1.2.4. Anatomía del tubérculo

El tubérculo es un tallo subterráneo engrosado, con estructura análoga a la del tallo aéreo de la planta. Se pueden distinguir en el tubérculo dos zonas: una basal o "talón", que se distingue por una depresión redondeada cercana al lugar de unión del tubérculo y el estolón y una zona apical o "corona" donde están localizadas la mayoría de las yemas. En la Fig. 3 se ve la organización del tejido interno del tubérculo maduro. En un tubérculo maduro, las zonas principales desde el exterior al interior son: peridermo, corteza, parénquima vascular cortical, anillo vascular, parénquima vascular medular y médula.

El peridermo o piel, posee de 6 a 14 capas de células cuya pared está impregnada de suberina y actúa como zona protectora, impidiendo la pérdida de humedad y el ataque de microorganismos. Una característica propia de los tubérculos de patata, cuando sufren heridas por daños

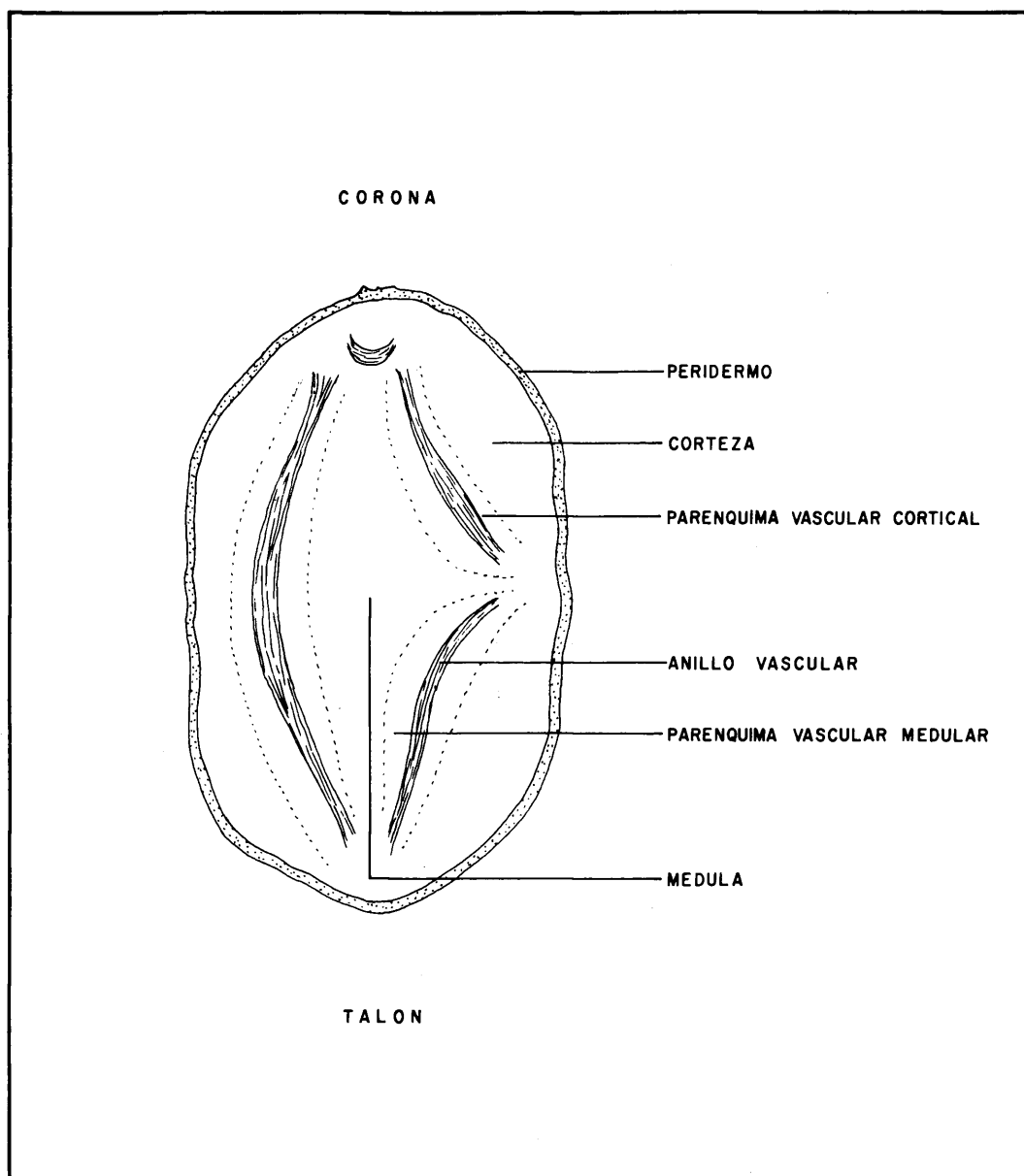


Fig. 3.—Esquema de la organización del tejido interno de un tubérculo maduro (Tomado de Fabiani, 1967).

mecánicos, es la formación de un tejido especial denominado "peridermo de heridas" (wound periderm), originado por proliferación activa de las células superficiales. Este tejido sustituye a la piel en sus funciones de impedir la desecación y defensa microbiana. La corteza es una zona situada entre el peridermo y el parénquima vascular cortical, que consiste en una estrecha capa de tejidos de parénquima integrado por células ricas en proteínas, taninos y pigmentos y pobres en almidón. El parénquima vascular cortical de acumulación es tejido rico en almidón y está en contacto con la parte interior de la corteza y la parte exterior del anillo vascular.

El anillo vascular procede del procambium, del que se diferencian el xilema y el floema primarios. Las Solanáceas, además de un floema externo y un xilema interno, presentan un floema interno que se origina algo más tarde que el externo. Por la parte interna del anillo vascular, se encuentra el parénquima vascular medular de acumulación, formado por células grandes y poligonales que contienen almidón.

La médula consiste en un corazón central del que irradian estrechas bandas de parénquima medular. Son células grandes, más diáfanas que las de los restantes tejidos, con bajo contenido en almidón y alto contenido en agua.

1.2.5. Composición química del tubérculo

La composición química del tubérculo es diferente según la variedad, madurez en el momento de la recolección, condiciones de almacenamiento, etc. Por este motivo, se observan variaciones en los datos publicados por los diversos autores.

En la Tabla I se muestra la composición general del tubérculo de patata expresada en tanto por ciento del peso fresco y en la Tabla II se detalla la proporción de los diferentes elementos minerales en cenizas según datos tomados de Schwimmer y Burr (1967).

Con objeto de detallar la proporción en que entran los componentes más importantes en la composición del tubérculo, en la Tabla III se han recopilado los datos encontrados en la bibliografía.

Debido a que la mayor parte de la producción anual de patatas se utiliza en alimentación humana, es de interés resaltar el aporte nutritivo proporcionado por las patatas en una dieta normal. Estos datos se muestran en la Tabla IV, según el National Food Survey Committee (1962), expresados en tanto por ciento del total.

TABLA I

Composición química general del tubérculo de patata expresada en (%) con respecto al peso fresco. Datos tomados de Schwimmer y Burr (1967)

Componentes	% del peso fresco		
	Medio	Mínimo	Máximo
Agua	73'3	66'0	80'6
Sólidos totales	26'7	19'4	34
Carbohidratos	23'4	17	29'78
Grasas	0'1	0'04	0'15
Proteínas	0'9	0'56	1'12
Cenizas	0'9	0'44	1'48
Otros	1'4	-	-

TABLA II

Proporción de los diferentes elementos minerales en las cenizas. Datos tomados de Schwimmer y Burr, (1967)

Compuestos	% del total de cenizas		
	Medio	Mínimo	Máximo
K_2O	56	43'95	73'61
P_2O_5	15	6'83	27'14
SO_3	6	0'44	10'69
MgO	4	1'32	13'58
Na_2O	3	0'07	16'93
CaO	1'5	0'42	8'19
SiO_2	1	0'16	8'11
Otros	13'5	-	-

TABLA III

Composición química detallada del tubérculo de patata, referido al peso seco (★ %;
★★ mg/100 g; ★★★ mg/100 cm²)

Compuestos	Medio		Mínimo	Máximo	Zonas de máxima concentración
	Total	Parcial			
Almidón★	70		60	80	Parénquima
Fibra cruda★	2'5		0'2	5	Paredes celulares
Celulosa★		0'37	0'25	0'50	
S. pécticas★		1	0'7	1'5	
Hemicelulosa★		0'025	-	-	
Otros (sub., lign.)★		1	-	-	
Azúcares solubles★	15		trazas	22'5	Médula
Lípidos★	0'37		0'074	0'74	Peridermo
Nitrógeno total★	1'5		1	2	Médula y peridermo
Nitrógeno protéico★		0'5	0'35	0'70	
Aminoácidos libres★		0'5	0'35	0'70	
Otros★		0'5	-	-	
Acidos orgánicos★	1		0'84	1'15	Corona
Vitaminas					
Riboflavina★★		0'129	0'037	0'22	Peridermo
Tiamina★★		0'310	0'18	0'44	-
Piridoxina★★		0'9	0'6	1'4	-
Ac. nicotínico★★		3	1'5	4'5	Peridermo

TABLA III (continuación)

Compuestos	Medio		Mínimo	Máximo	Zonas de máxima concentración
	Total	Parcial			
Caroteno ^{xx}		0'129	0'037	0'22	Médula
Vit. K ^{xx}		0'37	-	-	-
Vit. C ^{xx}		88'8	37	140	Médula y parén-quima
Compuestos fenólicos					
Tirosina ^{xx}		200	100	300	Médula
Ac. clorogénico ^{xx}		87	25	150	Corteza
Ac. cafeico ^{xx}		5	-	-	Corteza
Solanina ^x	0'05		0'01	0'1	Periódermo
Clorofila ^{xxx}	1		-	-	Corteza
Cenizas ^x	3'7		1'6	7	Periódermo
Otros no detallados ^x	5'43		-	-	-

TABLA IV

Aporte nutritivo proporcionado por las patatas en una dieta normal expresado en (%) del total. Datos tomados del National Food Survey Committee (1962)

Aporte nutritivo a la dieta	%
Energía total	6
Proteína	5
Grasa	0'5
Hierro	9'6
Riboflavina	7'8
Acido ascórbico	34

1.2.5.1. Distribución de las sustancias químicas en el tubérculo

Humedad

La zona medular del tubérculo contiene mayor proporción de humedad que las zonas periféricas y dentro de estas el contenido en agua es mayor en la corona que en el talón.

Hidratos de carbono

Almidón

Es el componente nutritivo más importante en cuanto al aporte calórico. Se encuentra en forma de gránulos elipsoides (de 100 x 60 micras por término medio), distribuídos principalmente en los leucoplastos. Consta de dos componentes principales, amilosa y amilopectina en proporción 1:3. La molécula de amilosa, de configuración lineal, contiene de 250 a 300 moléculas de glucosa unidas mediante enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$. La de amilopectina está también formada por moléculas de glucosa unidas por enlaces $\alpha(1 \rightarrow 4)$, pero presenta ramificaciones por enlaces $\alpha(1 \rightarrow 6)$, cada 25 moléculas de glucosa aproximadamente. La materia seca de los gránulos consiste en 99'5 % de almidón, 0'3 % de cenizas y 0'1 % de nitrógeno.

Schwimmer y colaboradores (1954) no observaa

ron cambios en la relación amilosa-amilopectina con la temperatura y tiempo de almacenamiento.

Polisacáridos estructurales

Los principales polisacáridos estructurales del tubérculo son celulosa, hemicelulosa y sustancias pécticas, que se encuentran distribuidas principalmente en las paredes celulares.

Azúcares solubles

La mayor parte de los azúcares solubles en los tubérculos está formada por glucosa, fructosa y sacarosa, en cantidades prácticamente iguales y se encuentran principalmente en la zona modular.

Lípidos

La mayor proporción de lípidos se encuentra distribuida en el peridermo y en menor proporción en el parénquima y en la médula. Entre los ácidos grasos encontrados en el tubérculo podemos citar: ácido mirístico, palmítico, oléico, linoléico y linolénico.

Nitrógeno total

El nitrógeno está contenido en mayor proporción en la médula, siendo menor la cantidad existente en el peridermo y escasa en la zona vascular. La tercera parte del contenido en nitrógeno total pertenece a la fracción protéica, estando las dos terceras partes restantes repartidas entre los ami-

noácidos libres y ácidos nucleicos.

Acidos orgánicos

Además de los ácidos grasos y aminoácidos citados anteriormente, se han encontrado en el tubérculo, en cantidades apreciables los siguientes ácidos orgánicos: cítrico, ascórbico, isocítrico, láctico, málico, tartárico, succínico, oxálico, aconítico, fítico, cetoglutárico, quínico, caféico y clorogénico (Kroner y Volksen, 1950). Heisler y colaboradores (1964) encontraron que en la corona estaban contenidos los ácidos orgánicos en mayor proporción que en el talón, lo que proporciona valores de pH superiores en el talón.

Vitaminas

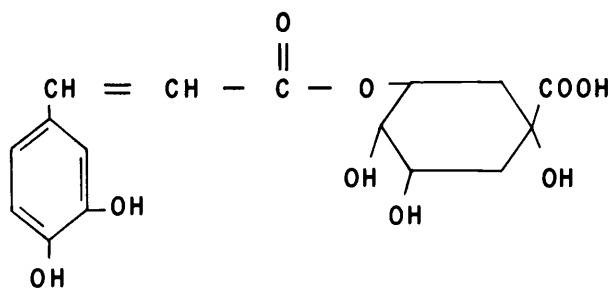
Aunque la importancia nutritiva de las patatas se atribuye normalmente a su valor calórico, recientemente se ha dado una imagen de la patata como fuente de muchas vitaminas. Se han detectado, en cantidades significativamente aprovechables en la dieta: provitamina A, tiamina, riboflavina, ácido ascórbico, ácido nicotínico, piridoxina, vitamina K, biotina, inositol y ácido pantoténico (Anderson y colaboradores, 1954). Riboflavina, ácido nicotínico y ácido pantoténico están distribuidas preferentemente en el peridermo, mientras que la vitamina A está distri-

buída en la médula. La vitamina C está concentrada en la médula, en el parénquima y en la corona del tubérculo. En general, se ha podido comprobar que el tamaño, las enfermedades y algún tipo de tratamiento (por ejemplo clorhidrina etilénica) influyen sobre la concentración de ácido ascórbico en el tubérculo.

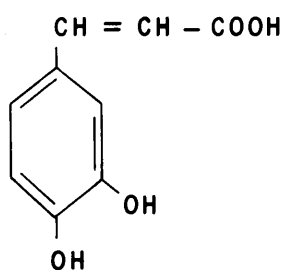
Compuestos fenólicos

Schwimmer y Burr (1967) han encontrado en el tubérculo de patata los siguientes compuestos fenólicos: lignina, cumarinas, flavonas y antocianinas, taninos, monofenoles y polifenoles. En la Fig. 4 se muestra la estructura de algunos de estos compuestos que están preferentemente distribuidos en la zona peridérmica del tubérculo. El porcentaje mayor de o-difenoles en el tubérculo de patata está formado por los ácidos clorogénico y caféico, este último en menor concentración.

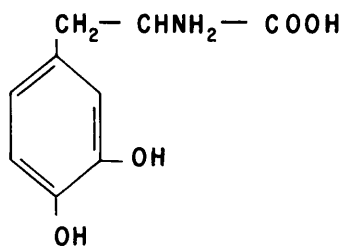
La misión principal de estos compuestos parece ser la de evitar infecciones, ya que sus grupos fenólicos impiden el desarrollo de microorganismos. Cuando un tubérculo de patata recibe un daño, se produce en él un marcado incremento en el contenido de polifenoles en los tejidos de la zona afectada, los cuales parece ser que tienen misión antibiótica



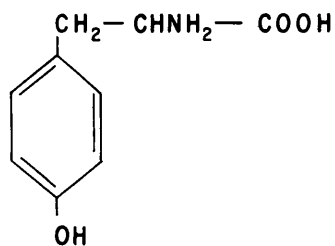
Acido clorogénico



Acido cafeico



Dihidroxi-fenilalanina (DOPA)



Tirosina

Fig. 4.—Estructura de algunos compuestos fenólicos.

(Zucker, 1963 y 1965, Metlitskii y Ozeretskovskaya, 1968). Además de estos compuestos, se observa un aumento en la actividad de las polifenoloxidasas, que al oxidar las sustancias fenólicas producen compuestos de poder tóxico más elevado (Ogawa y colaboradores, 1968 y Kilian y colaboradores, 1972).

Otra función del ácido clorogénico y otros polifenoles en el tubérculo, parece estar relacionada con el metabolismo del almidón, como inhibidores de la fosforilasa.

Alcaloides

El principal alcaloide del tubérculo es la solanina que se encuentra distribuída predominantemente en el peridermo. Cuando se exponen los tubérculos a la luz, se observa un aumento en el contenido en solanina, siendo este aumento grande en el peridermo, moderado en el cambium e insignificante en la médula (Baerung, 1962). Concentraciones en solanina superiores al 0'1 % del peso seco, hacen al tubérculo inutilizable como alimento.

Clorofila

El color verde que aparece en la zona inmediatamente inferior al peridermo de los tubérculos, expuestos a la luz visible, se debe a la presencia de clorofila. En nuestras experiencias, hemos visto que también se forma clorofila en las células del parénquima vascular y medular al ser expuesto a la luz en los cultivos "in vitro".

1.2.5.2. Evolución del metabolismo del tubérculo

1.2.5.2.1. Hidratos de carbono

Cuando se acaba el periodo de reposo, se observa un aumento en la actividad de los enzimas hidrolíticos del almidón, que se traduce en un incremento en el contenido de azúcares solubles. Estos azúcares se utilizan en la respiración como material combustible proporcionando la energía necesaria para los procesos metabólicos. Debido a que todas estas transformaciones se afectan marcadamente por la temperatura, el tubérculo de patata es un material particularmente sensible a las condiciones de almacenamiento.

Almidón

Los enzimas que intervienen en la síntesis del almidón son: amilosa sintetasa, amilofosforilasa, enzima D y enzima Q y en la degradación: amilasas (α y β), amilofosforilasa, α (1 \rightarrow 6) glucosidasa y α (1 \rightarrow 4) glucosidasa. Los procesos de síntesis ocurren principalmente durante la formación del tubérculo y los de hidrólisis durante la brotación.

Azúcares solubles

Los cambios más importantes observados en los azúcares solubles, durante el almacenamiento, se deben a variaciones en la temperatura. No obstante, independientemente de la temperatura de almacenamiento, se observa después de algunas semanas de conservación una disminución en el contenido en saccarosa, formándose azúcares reductores. El comienzo de la brotación no parece caracterizarse por una acumulación o disminución neta de azúcares, pero en la fase de crecimiento activo se observa un aumento progresivo de sacarosa en los tubérculos, que se detiene después de unos tres meses aproximadamente. Este aumento en sacarosa, durante el crecimiento activo de brotes, va unido a un incremento en la actividad respiratoria.

En tubérculos almacenados a bajas temperaturas se observa un incremento en azúcares solubles. El conocimiento de este fenómeno data del siglo pasado (Müller-Thurgau, 1882) y se han dado diversas interpretaciones para explicarlo. Algunos autores atribuyen el incremento en azúcares solubles al descenso observado en la actividad respiratoria, pero realmente, según estudios realizados por Paez y Hultin (1970), sólo un 13 % del aumento de azúcares solubles (en el caso máximo), podía deberse a este proceso (véase el punto 1.2.3.1.). Mediante el estudio de las posibles alteraciones en las reacciones bioquímicas, implicadas en el metabolismo hidrocarbonado, se ha llegado a un mejor conocimiento de este fenómeno. Los resultados de estos trabajos pueden resumirse en disminución temporal en la actividad aldolásica, aumento en el contenido en sacarosa, seguido de aumento en la actividad de la invertasa y en el contenido en azúcares reductores y disminución en la actividad de la fosfohexosaisomerasa (Tishel y Mazelis, 1966). Pressey (1966) había observado que la actividad de la invertasa disminuía cuando se trasladaban los tubérculos de los almacenes fríos a condiciones de temperatura ambiente. En el mismo trabajo, Pressey interpretó que el fenómeno de la acumulación de azúcares a bajas temperaturas podía

tener en el tubérculo una función protectora en el caso de heladas.

Los principales enzimas implicados en la acumulación y degradación de azúcares solubles son: sacarosa sintetasa, amilasas (α y β), difosfofructosafosfatasa, invertasa, hexoquinasa, fosfoglucoisomerasa, fosfofructoquinasa, aldolasa, triosafosfatoisomerasa y glucosa-6-fosfatodeshidrogenasa.

1.2.5.2.2. Enzimas respiratorios

La oxidación aerobia de los tubérculos puede ocurrir a través de la citocromo-oxidasa (vía cadena respiratoria) o de la polifenoloxidasas (que interviene en el tubérculo después de traumatismos y en el que la oxidación de los glucidos ocurre vía ciclo de las pentosas), según se muestra en la Figura 5.

Los enzimas implicados en la cadena respiratoria están asociados a la membrana interna de las mitocondrias, embebidas en una matriz compleja que la mantiene. El piruvato, producto final de la glicolisis, va a las mitocondrias donde puede continuar su degradación hasta anhídrido carbónico y agua. Los electrones no son aceptados directamente por el oxígeno, normalmente el substrato cede sus

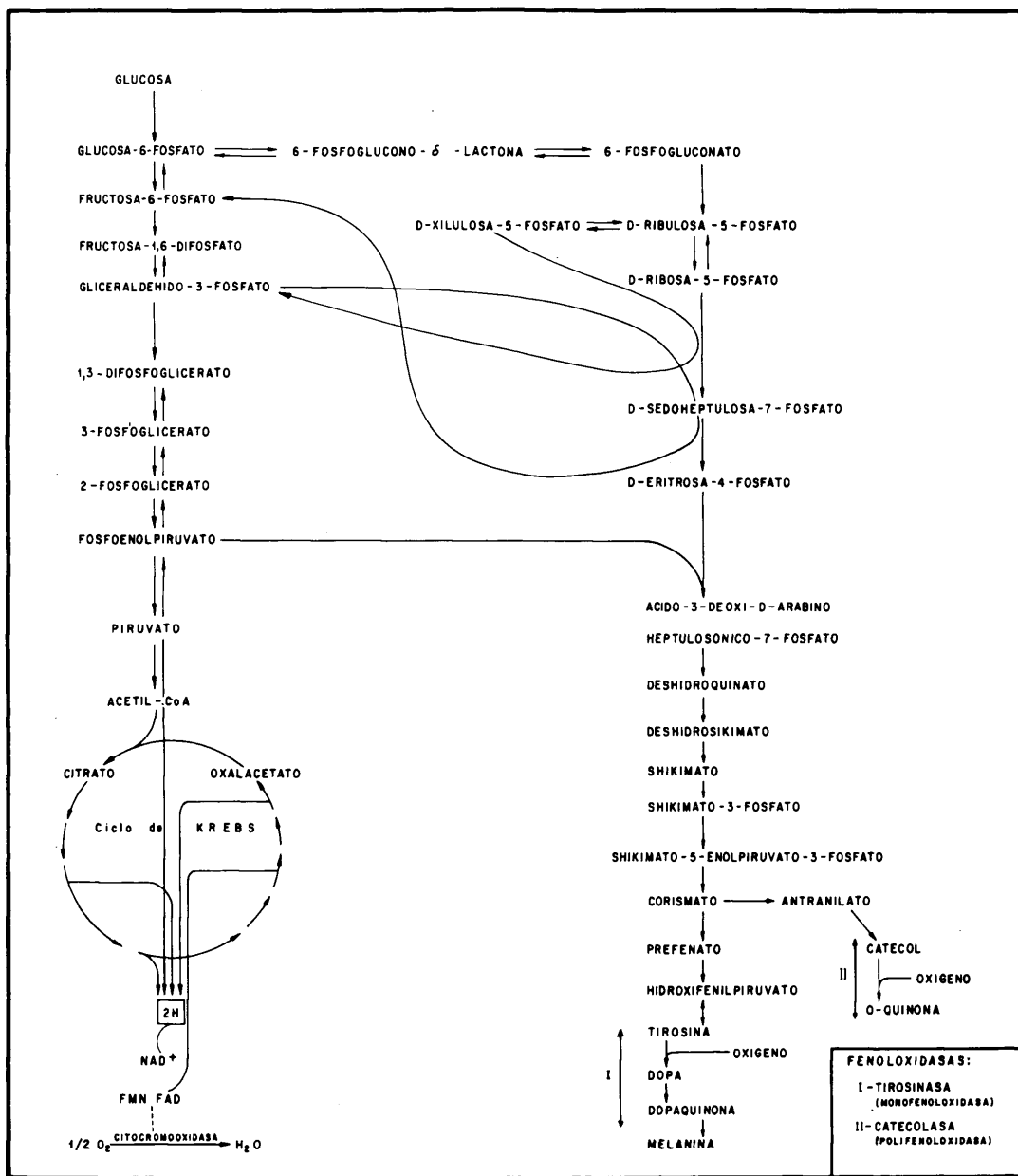
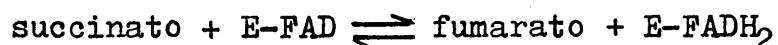


Fig. 5.—Esquema de las vías de oxidación aerobia en los tubérculos de patata.

electrones a un aceptor primario, pudiendo ser el nicotin-adenin-dinucleótido (NAD), como ocurre en la deshidrogenación de isocitrato, cetoglutarato, etc., o bien flavoproteínas, como ocurre en la deshidrogenación del succinato. A partir de estos aceptores primarios los electrones son transportados a través de una serie de cofactores de respiración, o en realidad sistemas de óxido-reducción, dispuestos según sus potenciales decrecientes hasta reducir al oxígeno.

La energía de este proceso oxidativo se utiliza para formar adenosintrifosfato (ATP), a partir de adenosindifosfato (ADP) y de fosfato inorgánico (P_i). El número de moles de ATP que se sintetizan, por mol de agua, oscila entre 2 y 3, según que el aceptor primario sea una flavoproteína o una piridinoproteína. En la Fig. 6 se detalla el esquema del proceso.

Uno de los enzimas implicados en el ciclo de Krebs es la "succinatodeshidrogenasa" que oxida el succinato a fumarato. Es una flavoproteína que contiene flavin-adenin-dinucleótido (FAD) unido covalentemente. El coenzima reducible actúa como aceptor de hidrógeno en la reacción



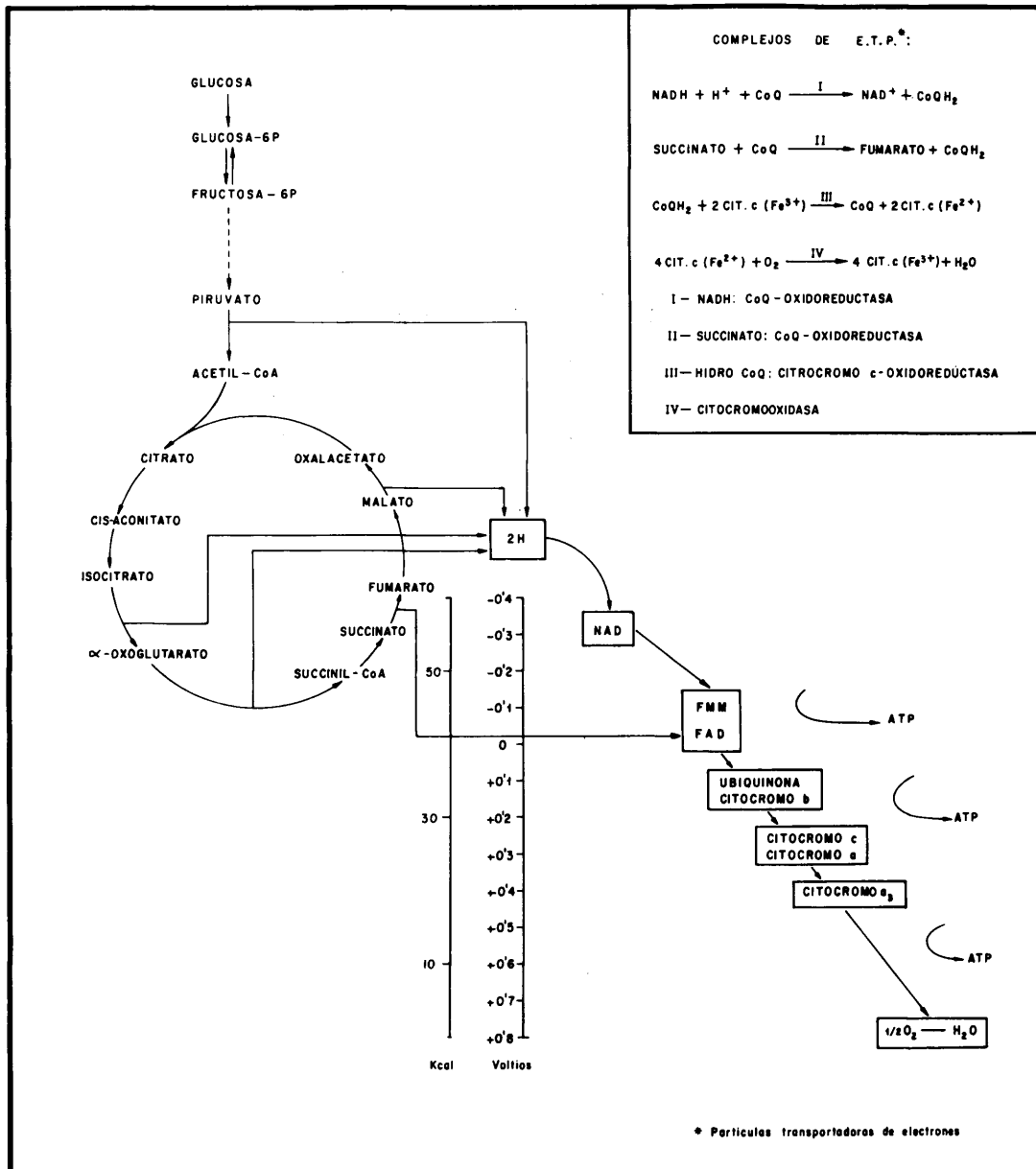
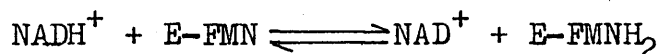


Fig. 6.—Esquema del proceso respiratorio.

Otra flavinodeshidrogenasa es la NADH-des hidrogenasa" que contiene flavinmononucleótido (FMN) unido covalentemente y cataliza la transferencia de electrones desde el NADH a algún aceptor desconocido, posiblemente a una ferroproteína no hemática de la cadena respiratoria.



Finalmente los citocromos (grupo de ferroproteínas transferidoras de electrones en las células aerobias), actúan secuencialmente transfiriendo electrones desde las flavoproteínas al oxígeno molecular. El citocromo terminal de la cadena que puede reaccionar con el oxígeno es la citocromooxidasa.

1.2.5.2.3. Lípidos

Durante el periodo de almacenamiento no se altera significativamente el contenido en lípidos totales de los tubérculos de patata, aunque pueden ocurrir algunos cambios en los ácidos grasos, como los observados por Hendel y colaboradores (1951) y Buttery y colaboradores (1961). Estos autores observaron que los ácidos insaturados de tubérculos de patata se oxidaban por efecto de la lipoxigenasa.

1.2.5.2.4. Compuestos nitrogenados

Si bien el contenido en nitrógeno total permanece constante en el tubérculo, los factores ambientales pueden ejercer una marcada influencia sobre la proporción de los distintos componentes ni trogenados.

Tagawa y Okazawa (1955b) observaron que al finalizar el periodo de dormición la proteína tendía a desaparecer de la médula, acumulándose en la corteza y brotes. Talley y colaboradores (1964) no observaron durante el almacenamiento cambios importantes en los aminoácidos libres, excepto en prolina que aumentaba durante todo el periodo de almacenamiento. Estos resultados difieren de los encontrados por Sweeney y colaboradores (1969) que observaron, en tubérculos almacenados a 13°C, un aumento en todos los aminoácidos libres, excepto en ácido glutámico, durante la fase de reposo y una disminución en todos los aminoácidos libres, excepto en leucina, durante la brotación. Szalai (1959b) observó un aumento progresivo en glutatión en el periodo de brotación.

1.2.5.2.5. Acidos orgánicos

Las posibles variaciones en el contenido en ácidos orgánicos no volátiles durante el periodo de

almacenamiento, fueron estudiadas por Schwartz y colaboradores (1961), en tubérculos conservados a bajas temperaturas. Estos autores observaron que durante el periodo de reposo había una disminución inicial en ácido cítrico seguida de un incremento, mientras que los niveles de ácido málico aumentaban inicialmente, disminuyendo a continuación. Interpretaron estas variaciones como una posible interconversión de malato y citrato. Estos resultados difieren de los encontrados por Sweeney y colaboradores (1969) que observaron, en tubérculos conservados a temperaturas de 13 y 20°C, después de un mes de almacenamiento, un aumento en ácido cítrico y una disminución en ácido málico, pero los cambios en ácido cítrico eran excesivos para proceder de los cambios en ácido málico. Por otra parte, en experiencias anteriores, estos mismos autores, con otra variedad, habían encontrado incrementos significativos en ambos ácidos, lo que parece indicar que existen otros factores además de los implicados en la interconversión de citrato y malato.

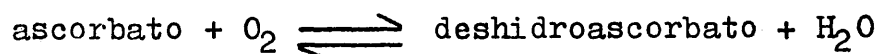
1.2.5.2.6. Vitaminas

La evolución del contenido en vitaminas a lo largo del periodo de almacenamiento varía de unas a

otras. Así, por ejemplo, el contenido en tiamina disminuye considerablemente (Anderson y colaboradores, 1954), mientras que piridoxina aumenta durante todo el periodo de almacenamiento (Page y Hanning, 1963).

El contenido en vitamina C se afecta marcadamente por el periodo de almacenamiento. Gebauer (1958) y Birecki y colaboradores (1964) observaron que durante el periodo de reposo el contenido en vitamina C disminuía considerablemente, permanecía prácticamente constante al principio de la brotación y se elevaba en la época del crecimiento activo de brotes. Estos resultados difieren de los observados por Sweeney y colaboradores (1969), que encontraron una disminución significativa en ácido ascórbico durante las distintas fases de desarrollo del tubérculo, resultados que coinciden con los obtenidos por Tagawa y Okazawa (1955a) y Charlampowicz y Sowinska (1965). Cuando se almacenan a bajas temperaturas tubérculos conservados anteriormente a temperatura ambiente, se observa un ligero aumento en ácido ascórbico.

El ascorbato se oxida a deshidroascorbato por acción del enzima "ascorbatooxidasa", que posee cobre como grupo prostético. La oxidación del ascorbato puede esquematizarse:



El sistema ascorbato/deshidroascorbato tiene un potencial redox de +0'08 voltios, se puede utilizar para su valoración 2,6-diclorofenol-indofenol (DPIP), que al tener un potencial redox de +0'22 voltios, puede ser reducido por el ascorbato.

No se sabe ciertamente la función de la ascorbatoxidasa en la consumición de oxígeno durante las fases de reposo y brotación. En la superficie de un tubérculo pelado recientemente, la oxidación de ascorbato a deshidroascorbato ocurre por reacción con las quinonas formadas por la acción de la polifenoloxidasa.

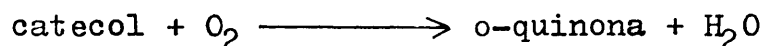
Entre los productos de conversión del ácido ascórbico tienen gran interés los ácidos deshidroascórbico y dicetogulónico. El ácido deshidroascórbico disminuye durante el almacenamiento más rápidamente que la forma reducida.

1.2.5.2.7. Compuestos fenólicos

Durante la fase de reposo se observa degradación del ácido clorogénico y formación de ácido cafeico; este último, es inhibidor del crecimiento y está implicado en el mantenimiento del estado de reposo junto con otras sustancias. En el periodo de brotación no se encuentra ácido cafeico en los brotes, por el contrario los niveles de ácido clorogénico son elevados. Este se forma a expensas de los ácidos cafeico y

quínico. En general se observa un incremento en fenoles totales durante el almacenamiento (Craft, 1966).

Los enzimas principales implicados en estos procesos son las fenoloxidasas, que poseen cobre como grupo prostético. Estos enzimas son responsables de la coloración que adquieren los tejidos vegetales, expuestos al aire, por la presencia de derivados fenólicos tales como, catecol, ácidos cafeico y clorogénico, etc. A este grupo de enzimas pertenece la polifenoloxidasa, que cataliza la oxidación aeróbica del catecol (actividad catecolasica) y de otros compuestos fenólicos análogos. En la oxidación de o-difenoles el cobre cambia de estado cúprico a cuproso; la reacción puede representarse,



La cantidad de oxígeno consumido supera a las necesidades estequiométricas de la reacción y se ha sugerido que el exceso de oxígeno es necesario para la reoxidación del enzima. Este sistema exige tres componentes: cromógeno, fenolasa y oxígeno. La pulpa del tubérculo absorbe, para la oxidación de sus cromógenos, una cantidad de oxígeno quince veces superior de la necesaria para su respiración normal.

La actividad de la polifenoloxidasa en el tubérculo, en general, disminuye agudamente después de un mes de almacenamiento, aumentando lentamente durante

los seis meses siguientes (Clark y colaboradores, 1957, Mondy y colaboradores, 1959, Mapson y Burton, 1962, etc.). En contraste con estos autores, Kilian y colaboradores (1972) observaron un descenso en la polifenoloxidasas durante todo el periodo de almacenamiento, siendo el descenso mayor entre los cuatro y seis meses; resultados análogos habían tenido Bruinsma (1962) y Craft (1966).

Cuando se almacenan los tubérculos a bajas temperaturas, se observa un aumento significativo en el contenido en o-difenoles y fenoles totales. Este aumento en compuestos fenólicos parece estar relacionado con los daños producidos a esas temperaturas (Mondy, 1966). Hasegawa y colaboradores (1966) interpretaron esta acumulación de fenoles como una consecuencia del incremento en azúcares observado a bajas temperaturas, interpretación que coincide con los resultados obtenidos anteriormente por Zucker y Levy (1959), que observaron una estimulación de la síntesis de ácido clorogénico por glucosa.

1.2.5.2.8. Solanina

Durante el periodo de almacenamiento se acumula solanina en el peridermo del tubérculo y disminuye en el interior (Lampitt, 1943). McKee (1961) observó que en el tubérculo los alcaloides se acumulaban

rápida^{mente} en las proximidades del "peridermo de heridas" y postuló que esta acumulación se debía a síntesis más que a translocación. Este autor observó que paralelamente ocurría un aumento en la resistencia a los microorganismos.

1.2.5.2.9. Clorofila

La formación de clorofila es independiente del desarrollo del tubérculo, ya que los principales condicionantes de su síntesis son la temperatura y, principalmente la luz.

1.3. TRATAMIENTOS QUE INFLUYEN EN LA BROTAION DEL TUBERCULO

Utilizando distintos tratamientos se ha podido actuar sobre el metabolismo de los tubérculos, con objeto de acortar o prolongar su periodo de reposo.

A continuación se van a estudiar por separado los tratamientos empleados para acelerar la brotación (acortando el estado de reposo), y los empleados para prolongar el tiempo útil de almacenamiento (inhibiendo la brotación natural del tubérculo).

1.3.1. Tratamientos empleados para romper el estado de reposo

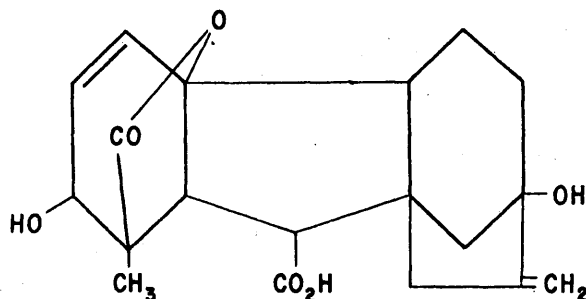
Los métodos más generalizados para romper el estado de reposo, en tubérculos de patata, consisten en el empleo de sustancias químicas tales como, clorhidrina etilénica y ácido giberélico (AG). Cuando los tubérculos se tratan con estas sustancias desaparecen los inhibidores naturales y se rompe el estado de reposo.

Clorhidrina etilénica. Es el alcohol β -cloro-etílico " $\text{ClCH}_2\text{-CH}_2\text{OH}$ ". Se aplica a los tubérculos, en forma de "spray" en una concentración de 0'8 ml de materia activa por kilogramo de tubérculo. Estimula la brotación y el movimiento de enzimas hidrolíticos en tejidos almacenados y se cree que regula el crecimiento al

alterar el transporte o metabolismo de la auxina.

Como consecuencia de este adelanto de la brotación se observan algunos cambios metabólicos que pueden resumirse en: intensificación del desprendimiento de CO_2 , aumento en el contenido de azúcares solubles, aminoácidos libres y varios enzimas (principalmente peroxidasa y enzimas hidrolíticos) y disminución en el contenido en almidón y vitamina C principalmente.

Acido giberélico. La molécula de ácido giberélico tiene como núcleo base el esqueleto del gibano



ácido giberélico

El tratamiento con ácido giberélico se realiza introduciendo los tubérculos en soluciones de 50 a 100 ppm y en estas condiciones se rompe el estado de reposo.

Con este tratamiento se produce una estimulación del crecimiento debido a que aumenta el número de células y se favorece la elongación celular. Durante el periodo de dormición hay un contenido alto en β -inhibidor, como se vio en el punto 1.2.2.1., y muy poco contenido en giberelinas. Si se tratan los tubérculos con ácido giberélico desaparece este inhibidor y se inicia la brotación.

En general se observan alteraciones metabólicas semejantes a las observadas con clorhidrina etilénica, pero menos pronunciadas. El contenido en azúcares solubles aumenta por hidrólisis de almidón, aumenta también el desprendimiento de CO_2 y el contenido en auxinas. Si el tratamiento se combina con AIA, la aparición de brotes es más rápida que cuando se hace solo con ácido giberélico.

1.3.2. Tratamientos clásicos empleados para prolongar el estado de reposo o dormición

1.3.2.1. Generalidades

Con objeto de prolongar el periodo de dormición del tubérculo e inhibir su brotación y pérdida de peso, se han utilizado distintos métodos, siendo los principales: conservación a baja temperatura y tratamiento con productos químicos.

1.3.2.2. Conservación a baja temperatura

La temperatura es indudablemente el factor más importante de la brotación de los tubérculos, afectando además considerablemente la podredumbre, respiración y pérdida de humedad durante el almacenamiento, por lo que la conservación a bajas temperaturas es de todos los métodos empleados, el más antiguo y, durante muchos años, el único utilizado.

El crecimiento de brotes, incluso cuando los tubérculos están fuera del estado de reposo, es muy escaso a temperaturas inferiores a 4°C. Cuando se conservan los tubérculos a una temperatura menor de 4°C, se puede obtener una inhibición total durante unos seis meses. Los tubérculos deben someterse a estas temperaturas, antes de que se acabe el periodo de reposo y mantenerse en estas condiciones durante todo el periodo de almacenamiento. Esto se consigue conservándolos en cámaras frigoríficas o en almacenes ventilados con aire exterior frío.

Los efectos sobre el metabolismo se traducen en una acumulación importante de azúcares reductores, debido a activación de algunos enzimas hidrolíticos (principalmente invertasa), inhibición de

los enzimas respiratorios y supresión de los procesos secundarios de conversión de azúcares en almidón. Este proceso es reversible y cuando se trasladan a temperatura de 25°C, tubérculos que anteriormente se han conservado a bajas temperaturas, la concentración de azúcares reductores alcanza el nivel normal en 10 días.

Uno de los inconvenientes que presenta el método, es la necesidad de mantener el tratamiento durante todo el tiempo de conservación, lo cual eleva considerablemente los costes, además el aumento de azúcares reductores que se produce, como consecuencia del tratamiento, hace a los tubérculos inadecuados para su consumo inmediato, debido al sabor y a la aparición de color después de elaborados, si bien al cabo de un cierto tiempo, cuando bajan los niveles de azúcares, son aptos para el consumo. Hoy día, debido al elevado coste del tratamiento, solo se realiza con los tubérculos destinados para siembra.

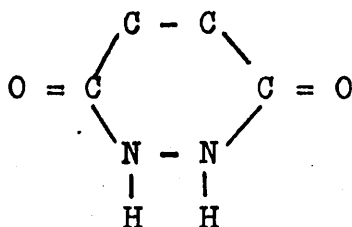
1.3.2.3. Tratamientos con inhibidores químicos

Se han comercializado varios productos:

- Hidracida maleica (HM)
- N-fenilcarbamato de isopropilo y
N-3-clorofenilcarbamato de isopropilo (IPC-CIPC)
- Ester metílico del ácido naftalenacético (MENA)

- Tetracloronitrobenceno (TCNB)
- Alcoholes de alto número de carbonos (alcohol no-nílico, etc.).

Hidracida maleica (HM). Es la 1,2-dihidropiridacina 3,6-diona



Hidracida maleica

Se aplica a las hojas de la planta de patata dos semanas después de la floración, época en la permanece en estado vegetativo activo, absorbiéndose foliarmente. Debido a que se aplica cuando el tubérculo está formado, no afecta a la estructura de éste. La concentración empleada es de 2 a 3 kg de materia activa por hectárea.

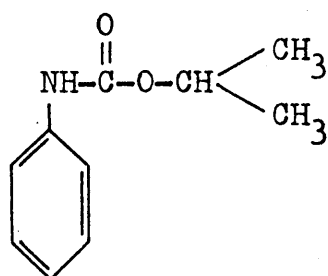
Ejerce su acción sobre las células vegetales, inhibiendo, en primer lugar, la división celular y posteriormente el alargamiento. Las plantas tratadas con hidracida maleica, detienen su actividad vegetativa y pueden llegar a morirse si la concentración es elevada.

Respecto a la influencia de la hidracida maleica en el metabolismo del tubérculo, parece que

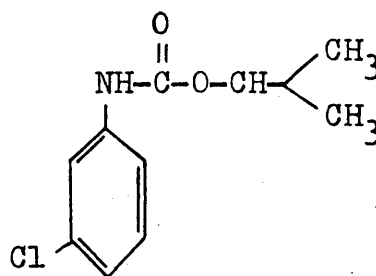
no lo altera de modo significativo. Tanto en el cociente respiratorio como en el contenido en hidratos de carbono, no se observan cambios al terminar el periodo de dormición, contrariamente a lo que ocurre en tubérculos testigo.

Entre los principales inconvenientes de este producto está el periodo que transcurre desde que se efectúa el tratamiento hasta que se conocen las necesidades de mercado. Además se inhiben todos los tubérculos de la planta, por lo que el agricultor, que selecciona los tubérculos por tamaños, reservando los pequeños para siembra, ya no puede usarlos para este fin. Tiene la ventaja de que la aplicación en el campo es sencilla, y no se requieren cuidados posteriores durante el almacenamiento.

N-fenilcarbamato de isopropilo y N-3-clorofenilcarbamato de isopropilo (IPC-CIPC). Actualmente el antigerminante químico más empleado para inhibir la brotación de los tubérculos, es una mezcla de Profam(IPC: N-fenilcarbamato de isopropilo) y Cloroprofam(CIPC: N-3-clorofenilcarbamato de isopropilo).



IPC



CIPC

Estos productos se translocan con dificultad y producen su efecto localmente en los puntos de absorción. Por este motivo, el tratamiento debe realizarse directamente sobre los tubérculos recolectados y no sobre la planta madre. Pueden aplicarse en suspensión o en polvo, antes del almacenamiento o en el mismo almacén. La concentración normalmente empleada es de 1 a 5 kg de producto comercial por tonelada y se aplica hacia las cuatro semanas después de la recolección.

El modo de acción de estas sustancias radica principalmente en el bloqueo de la división celular, sin impedir el alargamiento. Parece ser que interfieren en el metabolismo de la auxina, retardando todos los procesos en que ésta interviene.

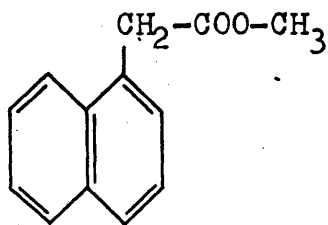
Debido a esta acción inhibidora sobre la división celular, la aplicación se hace a las cuatro semanas después de la recolección y a concentraciones no superiores a la mínima necesaria para inhibir la brotación. De esta manera, se minimiza el efecto sobre la inhibición del "peridermo de heridas", con lo que se protegen los tubérculos de las infecciones.

Este tratamiento permite conservar los tubérculos a temperaturas próximas a 10°C, que no favorecen la acumulación de azúcares. Según se ha observado el

contenido en vitamina C, tiende a aumentar en relación con el testigo.

Estos productos tienen la ventaja de que su aplicación se realiza cuando ya se pueden conocer las necesidades futuras del mercado, a la vista de la producción de patata obtenida. Como inconvenientes podemos citar: la necesidad de un almacén destinado solo para este tratamiento y la posibilidad de infecciones en el periodo de almacenamiento, ya que inhibe la formación del "peridermo de heridas". Debido a que el producto es volátil, las condiciones de almacenamiento deben evitar la ventilación de los tubérculos.

Ester metílico del ácido naftalenacético (MENA).



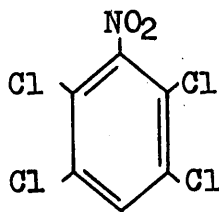
Ester metílico del ácido naftalenacético

Se puede aplicar a los tubérculos, bien en forma de polvo o en solución. La concentración normalmente empleada es de 3kg de producto comercial por tonelada. Cuando la dosis es más elevada se inhibe la formación del "peridermo de heridas" por este mo-

tivo y, con objeto de obtener un buen control de brotación, es esencial que la distribución sea uniforme.

Los tubérculos tratados con MENA y almacenados a 10°C, pueden quedar inhibidos durante un año aproximadamente.

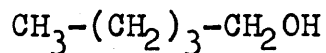
Tetracloronitrobenceno (TCNB).



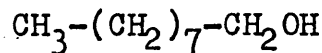
Tetracloronitrobenceno

Las condiciones de aplicación de este producto son análogas a las del anterior. El control de brotación es bastante inferior al obtenido con MENA o con IPC-CIPC. Por este motivo se necesita una concentración más elevada, del orden de 2 a 3 veces superior a la utilizada con MENA. Este producto, también inhibe la formación del "peridermo de heridas".

Alcoholes. Los más utilizados son el alcohol amílico (n-pentanol) y el alcohol nonílico (nonanol).



alcohol amílico



alcohol nonílico

Se aplica en forma de gas a patatas en periodo de almacenamiento, en concentración aproximada de 1 mg de alcohol por litro de aire. Tiene el inconveniente de que hay que aplicarlo cada dos semanas, una vez observada la brotación.

También son buenos inhibidores: 2-etilbutanol y 2-etilhexanol, con este último se observa un aumento en el contenido hidrocarbonado del tubérculo después del tratamiento.

1.3.3. Empleo de la radiación gamma

La radiación gamma es de la misma naturaleza que la luz y los rayos X, está constituida por fotones de muy corta longitud de onda, por lo que es altamente penetrante.

En la producción industrial de rayos gamma, se emplea normalmente los núclidos ^{60}Co y ^{137}Cs . La radiación gamma de ^{60}Co (que es la que hemos utilizado en nuestras experiencias) tiene una energía de 1'33 MeV y una longitud de onda del orden de 10^{-10} cm.

Actualmente la unidad utilizada para medir la cantidad de radiación absorbida por cualquier tipo de material, es el rad, que representa la absorción de 100 ergios de energía radiante por gramo de material irradiado.

El empleo de la radiación gamma en la conservación de tubérculos de patata, fue iniciado por Sparrow y Christinsen (1950 y 1954), que observaron una inhibición definitiva de la brotación, al someter los tubérculos de patata a diversos tipos de radiaciones ionizantes. Estos autores, apuntaron la posibilidad de conservar los tubérculos de patata por irradiación gamma.

El efecto inhibidor sobre la brotación se debe a que la capacidad de división celular es una de las más afectadas por la radiación gamma. La dosis óptima es de 7 a 10 Krad para tubérculos en periodo de reposo.

Debido a que la radiación gamma inhibe la formación del "peridermo de heridas", se debe utilizar la dosis mínima necesaria, con el fin de evitar efectos perjudiciales que favorezcan la podredumbre. A diferencia de los tratamientos con inhibidores químicos o con frío, el empleo de radiación gamma inhibe la brotación de forma irreversible.

En los tubérculos irradiados se produce, durante algunas semanas, un aumento de azúcares solubles, que va acompañado de una hiperactividad respiratoria, por lo que durante este periodo se acelera provisionalmente la pérdida de peso. En esta época, se debe

tener una temperatura bastante elevada ($12-14^{\circ}\text{C}$), para consumir lo más rápidamente posible los azúcares formados y a continuación reducir la temperatura a 7°C .

Las principales ventajas del tratamiento de radiación gamma, pueden resumirse en:

- inhibición de forma irreversible de la brotación.
- disminución de la pérdida de peso, debido en parte a una inhibición de la actividad respiratoria.
- permite unas temperaturas de almacenamiento de $12-14^{\circ}\text{C}$, a las que la acumulación de azúcares no es importante. Por lo que los tubérculos son aptos para la industrialización.

El inconveniente principal es la complejidad de la instalación necesaria, que solamente lo hace rentable para tratamiento de grandes cantidades.

También hay que tener en cuenta el posible aumento de la podredumbre, al inhibirse la formación del "peridermo de heridas". Sin embargo, este último inconveniente puede subsanarse irradiando los tubérculos después de transcurrido el tiempo necesario, para recuperación de las heridas producidas en la recolección.

1.4. EFFECTOS DE LA RADIACION GAMMA SOBRE MATERIAL BIOLOGICO

1.4.1. Introducción

La radiación gamma en su interacción con la materia cede su energía a algunas de sus moléculas, siendo estos los fenómenos iniciales a nivel físico. Entre las moléculas excitadas tienen lugar una serie de reacciones químicas, que transcurren en un tiempo del orden de 10^{-6} segundos. En este tiempo reaccionan, en primer lugar, las moléculas ionizadas formando radicales libres que pueden reaccionar entre sí o con otras moléculas. La difusión de estos radicales es tanto mayor cuanto más acuoso es el medio en que se encuentran.

Las alteraciones químicas que se producen pueden inducir modificaciones en las estructuras de las biomoléculas. Este proceso puede ocurrir por efecto directo o por efecto indirecto de la radiación. Si la energía de la radiación gamma se absorbe directamente en la molécula biológica es un efecto directo, pero si se absorbe en otras moléculas y son los radicales libres formados los que reaccionan con la molécula biológica, es un efecto indirecto de la radiación. En la práctica es muy difícil delimitar las proporciones relativas producidas por uno u otro efecto.

Como consecuencia de los daños bioquímicos producidos por la radiación, se originan en las células infinidad de cambios temporales o permanentes, que pueden detectarse en el tejido irradiado (efectos locales) o fuera de él (efectos a distancia). Algunos autores denominan a los efectos locales y a distancia como efectos directos e indirectos respectivamente.

1.4.2. Efectos de la radiación gamma sobre compuestos de importancia biológica

Las experiencias "in vitro" realizadas irradiando hidratos de carbono, lípidos, etc., bien en estado seco para estudiar el efecto directo de las radiaciones, bien en solución para estudiar el efecto indirecto, dan una idea de los cambios que pueden ocurrir "in vivo".

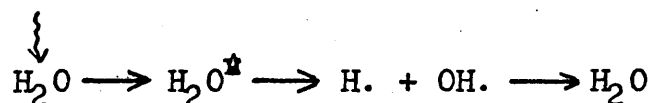
Si una sustancia "in vitro" es estable a la radiación, es improbable que pueda "in vivo" ser destruido con las mismas dosis. Los cambios que puedan observarse "in vivo", implican procesos secundarios debidos a disturbios metabólicos. Sin embargo, el observar una radiosensibilidad alta "in vitro", no sugiere que estos sucesos ocurran "in vivo". El grado en que la radiación afecta a una determinada sustancia está determinado, además de

por su estructura, por la concentración, grado de hidratación del tejido en que se encuentre y efecto protector de sustancias próximas.

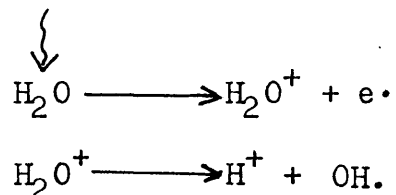
1.4.2.1. Efectos sobre agua

En los organismos vivos el agua es el principal componente de sus diversos tejidos, por lo que la mayor parte de la energía de la radiación se absorbe en la fase acuosa. Esto conduce a la formación de radicales acuosos reactivos, que interaccionan con los constituyentes celulares produciendo daños que se atribuyen a la acción indirecta de las radiaciones ionizantes.

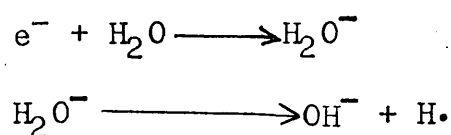
En la radiolisis del agua se forman moléculas de agua excitadas e ionizadas. Esto sucede en un tiempo del orden de 10^{-18} segundos. La formación de moléculas excitadas no tiene consecuencias importantes, pues los radicales formados sufren una lenta recombinación acompañada por desprendimiento de calor.



En el caso de ionización, se desprende un electrón orbital, hasta una distancia cien veces el diámetro de la molécula.

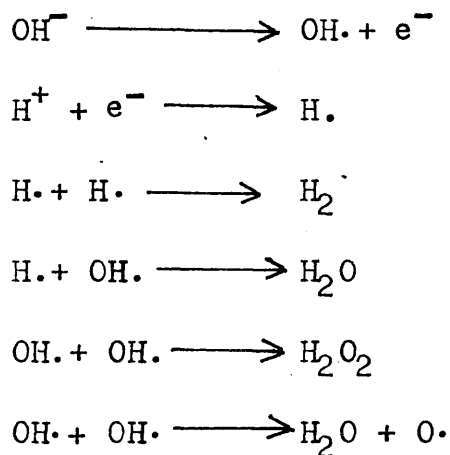


El electrón desprendido puede combinarse con otras moléculas de agua

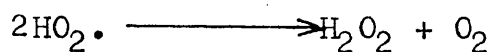


Los iones H^+ y OH^- se combinan para formar agua, quedando los radicales $\text{H} \cdot$ y $\text{OH} \cdot$ que son muy reactivos.

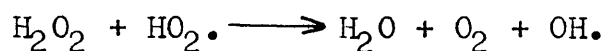
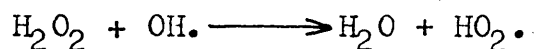
La radiación puede también actuar sobre los iones H^+ y OH^- del agua



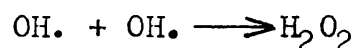
Los radicales libres primarios pueden dar origen a radicales secundarios, pudiendo a su vez estos reaccionar con las biomoléculas. En los sistemas biológicos, el oxígeno disuelto en agua, puede interaccionar con átomos de hidrógeno,



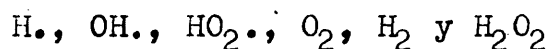
El peróxido de hidrógeno se descompone por interacción con $\text{OH}\cdot$ y $\text{HO}_2\cdot$.



La formación de peróxido de hidrógeno aumenta con la temperatura y concentración de oxígeno. También se puede formar peróxido de hidrógeno por re-combinación de dos radicales $\text{OH}\cdot$.



En resumen podemos decir que por radiolisis del agua, se forman en los tejidos los siguientes radicales y moléculas activas



1.4.2.2. Efectos sobre hidratos de carbono

Al irradiar soluciones de monosacáridos con dosis del orden de 2 a 4 Mrad, se observa una disminución de la capacidad reductora, aumento en la acidez de la solución y formación de formaldehído. El incremento en la acidez, después de la irradiación de glucosa y la disminución en la capacidad reductora, sugieren la formación de ácido glucurónico..

En oligosacáridos se observa un aumento del poder reductor de las soluciones por separación de los monosacáridos. Concretamente al irradiar sacarosa con dosis de 4 Mrad, se puede identificar por cromatografía la presencia de glucosa y fructosa.

En polisacáridos, concretamente al irradiar soluciones de almidón con dosis de 4 Mrad, disminuye la viscosidad de la solución y aumenta su capacidad reductora. Al identificarlo, mediante la reacción con yodo, se observa un cambio de color, de azul a ligeramente marrón pasando por violeta. El pH de la solución es ácido y se produce formaldehído. Entre los productos de radiolisis del almidón podemos citar: glucosa, maltosa, dextrinas, formaldehído, glioxal y ácidos glucónico y glucurónico (Kuzin, 1964a).

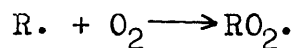
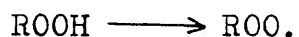
1.4.2.3. Efectos sobre lípidos

Para detectar cambios importantes en grasas se requieren dosis altas de radiación del orden de 500-800 Krad. Por irradiación "in vitro" se observa formación de peróxidos, ocurriendo esta oxidación probablemente en la cadena carbonada de ácidos grasos, proceso que se intensifica en presencia de oxígeno. Los peróxidos formados pueden participar en

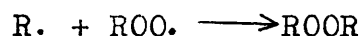
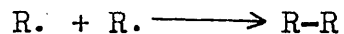
las siguientes reacciones



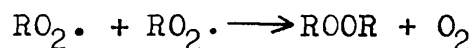
Formación inicial de radicales



Reacciones en cadena



Terminación de las reacciones en cadena



1.4.2.4. Efectos sobre proteínas

Generalidades

En proteínas la acción directa es mucho más eficaz que la acción indirecta. En general se pierden por irradiación, las propiedades biológicas produciéndose una desnaturalización general.

Entre los cambios físicos se observa por acción directa, un aumento en la constante de sedimentación sin alterarse el peso molecular, con lo cual varía la reactividad de la proteína debido a cambios en su estructura.

Por acción indirecta se observan algunos cambios en las propiedades fisicoquímicas, tales como alteraciones en rotación óptica, índice de refracción, ten-

si3n superficial, movilidad electrofor3tica y conductividad el3ctrica.

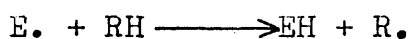
Entre los cambios qu3micos se observa, por acci3n directa, una destrucci3n de los radicales de los amino3cidos, siendo esta proporcional a la dosis. La elevada descomposici3n de prote3nas "in vivo", puede deberse a un incremento en las actividades de los enzimas hidrol3ticos en los tejidos irradiados. Esto puede ser resultado directo del da1o producido en las membranas intracelulares de los lisosomas, que contienen los enzimas l3ticos.

Efectos sobre enzimas

Son discutibles los mecanismos qu3micos por los que se pueden afectar los enzimas y los diferentes factores que influyen en su inactivaci3n.

La destrucci3n observada en enzimas intracelulares se debe a un efecto combinado de la acci3n directa e indirecta. La contribuci3n relativa de estos mecanismos, depende de la localizaci3n subcelular de las prote3nas. Los sistemas enzim3ticos situados en las membranas se afectan d3bilmente por radicales acuosos, a diferencia de los sistemas enzim3ticos presentes en la fase soluble del citoplasma. Este fen3meno complejo se interpreta estudiando el mecanismo de inactivaci3n de enzimas "in vitro". Se conoce poco acerca de la

naturaleza de los cambios ocurridos por inactivación de enzimas en estado seco. Respecto a inactivación de enzimas en solución, parece que los radicales hidroxilo, son más importantes que los protones y electrones acuosos. Los radicales inducidos por radiación, se pueden reparar por reacciones de transferencia de hidrógeno



pero en presencia de aire, el oxígeno compite dando radicales peróxidos que producen un daño irreparable



La inactivación del enzima puede deberse: a una destrucción del centro activo, a una desnaturalización general o a una combinación de ambos. Los factores que influyen en la inactivación son principalmente: naturaleza y concentración de los compuestos añadidos, pH, temperatura, presencia de oxígeno y naturaleza de la radiación principalmente.

La sensibilidad de enzimas irradiados se expresa, normalmente, por su valor G, siendo G el número de moléculas de enzima inactivadas por 100 eV^{*} absorbidos. El valor G se puede calcular,

* 1 eV = 1'601 x 10⁻¹⁹ julios.

$$G = \frac{E_0}{D_{37}}$$

siendo:

- E_0 - Concentración inicial de enzima
- D_{37} - Dosis letal 37 (dosis necesaria para reducir la concentración final de en zima a un 37 % de la concentración inicial).

En general se observa que los enzimas puros en solución acuosa son mucho más radiosensibles que "in vivo". Para inactivar enzimas "in vivo" se requieren dosis del orden de 10^7 Krad.

Mientras que "in vitro" el único efecto observado al irradiar enzimas, es el de inactivación. "In vivo", debido a los múltiples factores que intervienen, puede haber casos en que se observe una estimulación en la actividad de algunos enzimas. Este aumento puede ser debido a: destrucción de un inhibidor, liberación de un activador o liberación de enzimas por rotura de membranas. La inactivación de los enzimas "in vivo" puede deberse a destrucción del enzima, fallos en la síntesis, liberación de inhibidores o desaparición de activadores.

1.4.2.5. Efectos sobre ácidos nucleicos

Al irradiar ácido desoxiribonucleico (DNA) "in vitro" se pueden detectar en todas las partes de la molécula alteraciones químicas tales como desaminación, deshidroxilación, pérdida de bases, oxidaciones del azúcar y pérdida de fosfato inorgánico.

Estas alteraciones químicas pueden inducir, y de hecho inducen, cambios en la estructura física del DNA, siendo el origen de enlaces cruzados dentro de la molécula o entre moléculas adyacentes y de ruptura de las cadenas de azúcar fosfato.

Estas alteraciones varían según las dosis: con bajas dosis de radiación, es probable que solo se rompa una cadena, de las dos que componen la molécula del DNA; por el contrario, con dosis agudas se pueden romper ambas cadenas en el mismo punto o en lugares muy próximos. Es, en este caso, cuando el DNA se degrada. Este último tipo de lesión es lo que quizás cause posteriormente un daño mayor a la célula, ya que implica una alteración del material genético.

Como consecuencia de estos cambios en la estructura física del DNA, se observan alteraciones complejas en las propiedades fisicoquímicas tales como: disminución en la viscosidad y formación de enlaces transversales, efecto que se manifiesta por aumento en el peso molecular. Por irradiación "in vivo" se induce, en general, un aumento importante en la actividad de las nucleasas de los tejidos radiosensibles. Se observa también, en experiencias "in vivo", que en general la síntesis de ácido ribonucleico (RNA) es menos sensible a las radiaciones ionizantes que la síntesis de DNA. La inhibición de esta última se debe a un bloqueo de la formación de ésteres fosfóricos de timidina y a inhibición de la actividad de la DNA-polimerasa.

De modo indirecto, las alteraciones provocadas por la radiación sobre los ácidos nucleicos afectan a la síntesis de las proteínas.

A nivel citológico, como consecuencia de las alteraciones del metabolismo de los ácidos nucleicos, la alteración más importante que ocurre, incluso a dosis bajas, es la inhibición de la división celular.

1.4.2.6. Efecto sobre vitaminas

La radiosensibilidad de estos compuestos de pende de su estructura química. En general son muy estables al ser irradiados en estado seco, y se descomponen fácilmente en solución, lo que indica un efecto indirecto.

El ácido ascórbico en solución experimenta fácilmente descomposición oxidativa con dosis de 5 a 16 Krad. La estabilidad de soluciones irradiadas de piridoxina y ácido nicotínico, depende principalmente de la concentración de la vitamina. En concentración de 100 $\mu\text{g/ml}$ son estables, incluso con dosis altas de 250 Krad, pero a concentraciones más bajas se destruye el ácido nicotínico.

La Riboflavina en solución se destruye por irradiación; parece ser que esta destrucción no es por oxidación, ya que es muy resistente a agentes oxidantes, probablemente ocurre por reducción a leucoflavina con hidrógeno atómico. La vitamina B₁₂ es estable a las radiaciones ionizantes, pero en solución hay una destrucción importante incluso a dosis de 200 rad. El caroteno, en solución de 100 mg/ml se descompone de forma importante por irradiación con dosis de aproximadamente 600 Krad.

1.4.2.7. Efectos sobre el contenido mineral

Debido a que las radiaciones ionizantes afectan la estructura de las membranas, se producen cambios en la permeabilidad selectiva de estas para los iones minerales. Así se han encontrado variaciones en el contenido de calcio, sodio y potasio (Bacq y Alexander, 1964).

Como consecuencia de las alteraciones en el contenido mineral de los tubérculos de patata irradiados, se produce una disminución en la conductividad eléctrica, fenómeno que ha sido utilizado por algunos investigadores como método de detección de los tubérculos irradiados. También se observa un aumento en la permeabilidad al agua.

1.5. EFFECTOS ESPECIFICOS DE LA RADIACION GAMMA SOBRE EL TUBER- CULO DE PATATA

1.5.1. Generalidades

Después de la irradiación del tubérculo de patata se observan preferentemente dos tipos de efectos: un efecto inhibitor sobre el crecimiento de brotes y una modificación del metabolismo del tubérculo.

Los cambios metabólicos observados en los tubérculos irradiados, con dosis de conservación, no son importantes y, en general, ocurren en el periodo que sigue a la irradiación, alcanzando el valor normal al cabo de un cierto tiempo, sin embargo, los efectos sobre la brotación del tubérculo son irreversibles.

1.5.2. Efectos sobre la brotación

Uno de los mecanismos que se afecta en el tubérculo por irradiación es la división celular, deteniéndose totalmente con dosis de 9 Krad e incluso inferiores (Rubin y Metlitskii, 1958). Esto provoca una inhibición total e irreversible de la brotación, con lo que se pueden conservar los tubérculos en un estado de dormición permanente, del que no pueden salir, incluso por tratamiento con giberelinas

(Mathur, 1961). En los tubérculos tratados con inhibidores químicos no se observa esta irreversibilidad por lo que Baraldi (1973), propuso la aplicación del AG como test para identificación de tubérculos irradiados.

En la brotación de los tubérculos influye, además de la variedad, el estado fisiológico en que se encuentren, el flujo y la dosis de irradiación empleada. Si el flujo es elevado, se requieren dosis más bajas para inhibir el crecimiento (Jaarma, 1960, Mathur, 1963). Respecto a la dosis, en general, para un buen control de brotación, la dosis óptima es del orden de 8 a 10 Krad. Con dosis inferiores a la óptima, el grado de inhibición, a partir de 2 ó 3 Krad, es proporcional a la dosis. Si las dosis de irradiación son inferiores a 1 Krad, se observa, en general, un efecto estimulante sobre la brotación.

Al consultar la bibliografía se encuentran resultados contradictorios respecto a la época de irradiación. Algunos autores opinan que es más favorable, para un buen control de brotación, irradiar los tubérculos recién recolectados, otros se inclinan a utilizar una irradiación a los dos meses de la recolección. En general, la mayoría coinciden en que la irradiación temprana es más favorable para un buen control de brotación.

Estas discrepancias están fundadas en el hecho de que la irradiación inhibe las mitosis, pero no el alargamiento celular, según se ha visto en los trabajos de García Collantes (1974) y Arranz (1975). Cuando los tubérculos se irradian tardiamente, pueden haberse realizado un cierto número de divisiones celulares, y aunque después del tratamiento no se produzcan nuevas, el efecto del alargamiento de las células existentes inicialmente, puede dar la apariencia de una brotación normal. Sin embargo, si se continúa la observación, se puede comprobar que, al cabo de un cierto tiempo, el crecimiento del brote se detiene.

Debido precisamente al efecto inhibitor sobre la división celular, conviene que la irradiación no suceda inmediatamente a la recolección con objeto de dejar que se forme el "peridermo de heridas" y evitar posibles infecciones.

1.5.3. Efectos sobre la variación de peso y materia seca

La variación de peso en los tubérculos es uno de los fenómenos que siempre se ha considerado, al estudiar los efectos de la radiación gamma en la fisiología del tubérculo. Como resumen de los datos bibliográficos se puede decir, que durante un periodo de seis meses de almacenamiento, las pérdidas que se

observan en los tubérculos irradiados, varían entre el 5 y el 10 %, mientras que en los tubérculos testigo, pueden variar del 20 al 30 % (Metlitskii y colaboradores, 1957; Garcia de Mateos y colaboradores, 1967; Nys 1970 y 1971; Abdullah y colaboradores, 1971, etc.).

Durante el almacenamiento de los tubérculos, se desprende a la atmósfera vapor de agua, y anhídrido carbónico procedente de la respiración de azúcares, y debido a que en los tubérculos irradiados se produce una inhibición en el metabolismo general, se explica el que en estos, al ser menores la respiración y la transpiración, se reduzcan las pérdidas de peso.

Como consecuencia de la menor pérdida de agua que ocurre en los tubérculos irradiados, la proporción de materia seca y cenizas, frente al peso total, es menor en éstos que en los tubérculos testigo. Así, por ejemplo, en los datos obtenidos por Baraldi y Guerrieri, 1971), al cabo de siete meses de almacenamiento, la proporción de materia seca y de cenizas, en los tubérculos irradiados, fue del 24 % y 0'93 % respectivamente, mientras que en los testigos fue del 29'5 % y 1'03 %.

1.5.4. Efectos sobre la respiración

En general se observa que los tubérculos recién irradiados gastan más carbohidratos en respirar que los testigos, mientras que durante la brotación ocurre lo contrario. Estos resultados se observan en tubérculos enteros y en parénquima, mientras que en brotes sucede el fenómeno opuesto (Metlitskii y colaboradores, 1957; Sociedad Conservatome de Lyon, 1966; Michiels, 1967b; Sandret, 1970, etc.).

El incremento de la respiración observado en los tubérculos irradiados, durante los primeros días después de la irradiación, es proporcional a la dosis. La disminución observada en la respiración de los tubérculos irradiados, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, se explica por alteraciones en la fosforilación oxidativa. Esta hipótesis se basa en el incremento que se observa en la actividad de la apirasa y en la disminución en la actividad de la hexoquinasa en patata irradiada (ORNL, 1968).

1.5.5. Efectos sobre la actividad de enzimas respiratorios

Los datos referentes a la radiosensibilidad de los enzimas, en animales y plantas superiores, muestran una alta resistencia de éstos a las radiaciones ionizantes, ya que requieren dosis del orden de varios

millones de rads para su inactivación. En general, las deshidrogenasas son más activas en los tubérculos irradiados que en los testigos. La actividad de la succinatodeshidrogenasa, aumenta también aprecia-blemente por irradiación (Smith, 1968). El aumento observado en la respiración del parénquima después de la irradiación se atribuye a una estimulación en la actividad de la citocromo-oxidasa (Rubin y Metlitskii, 1961).

Respecto a la actividad de la polifenol-oxidasa no se observa, en general, ningún cambio en los primeros días después de la irradiación. Después de dos a cuatro meses se observa, según la variedad, una disminución en la actividad de este enzima, que se debe al distinto estado fisiológico en que se encuentran los tubérculos irradiados y testigos (Metlitskii y colaboradores, 1957). Estos resultados difieren ligeramente de los observados por Kilian y colaboradores (1972). Estos autores observaron un aumento en la actividad de la polifenoloxidasa, en tubér-culos dañados mecánicamente y en los irradiados con dosis de 2 Krad, y una disminución en la actividad de este enzima, en los tubérculos irradiados con dosis de 5 a 8 Krad, y también en los tubérculos testigo al final del periodo de almacenamiento. El descenso obser- vado en la actividad respiratoria en yemas de tubércu

los irradiados, se atribuye al efecto inhibidor de la irradiación sobre las fenoloxidasas (Rubin y Metlitskii, 1961).

Ogawa y colaboradores (1968) observaron en los tubérculos irradiados una disminución en los incrementos en compuestos fenólicos y polifenoloxidasa que se producen por cortes, frente a los incrementos observados en los testigos.

Como consecuencia de la reducción en la actividad de la polifenoloxidasa se observa, en los tubérculos irradiados, una inhibición o supresión de la coloración de la pulpa (Ogawa y colaboradores, 1968, Baraldi y Guerrieri, 1971).

1.5.6. Efectos sobre el contenido en azúcares solubles

Debido a que el contenido en azúcares es uno de los datos más importantes al considerar el valor comercial de los tubérculos, es de gran importancia la incidencia de la radiación en este parámetro.

Los resultados encontrados en la bibliografía, sobre el contenido en azúcares solubles, son contradictorios. En general, las variaciones observadas en tubérculos irradiados, ocurren durante la primera semana, y se deben a alteraciones del metabolismo hidrocarbonado. La evolución de los azúcares, en los tu-

tubérculos irradiados, es semejante a la que se desarrolla en los testigos, dependiendo siempre de la variedad y la temperatura principalmente.

Una semana después del tratamiento, el contenido de azúcares reductores es superior en los tubérculos irradiados que en los testigos, sin embargo a medida que transcurre el tiempo, estas diferencias se van atenuando, debido al aumento que ocurre naturalmente en los tubérculos testigo. El contenido en sacarosa, una semana después del tratamiento, es también más elevado en los tubérculos irradiados que en los testigos (Société Conservatoire de Lyon, 1966). Estos resultados coinciden con los obtenidos por Sandret y Michiels (1966) y los publicados en ORNL (1968).

En los datos publicados por Sandret y Michiels, se observa a la semana de efectuar el tratamiento un aumento del contenido en azúcares, especialmente en sacarosa, seguido de una disminución progresiva hasta alcanzar el valor normal, que ocurre a los 2 ó 3 meses de efectuar la irradiación. Este fenómeno ocurre siempre, con independencia de la época de irradiación. Sandret refiere que los mecanismos de acumulación de azúcares, por irradiación y por frío, son distintos. Con irradiación, la acumulación de azúcares se debe principalmente a sacarosa, mientras que con frío con-

tribuyen por igual a esta acumulación los azúcares reductores y la sacarosa. Después de varios meses, el contenido hidrocarbonado es similar en los tubérculos brotados y en los irradiados, observándose en ambos un marcado incremento tanto en sacarosa como en azúcares reductores, siendo ligeramente menor en los testigos, debido a que los brotes, al germinar, son activos consumidores de azúcares. Resultados similares obtuvo Burton y Hannan (1957); Schreiber y Highlands (1958); Cloutier y colaboradores (1959) y Truelsen (1964).

Los resultados publicados en ORNL (1968) difieren ligeramente de los de Sandret. Se observa en general, un aumento en azúcares reductores y totales, y disminución del contenido en almidón, a los dos días después de la irradiación. Esta acumulación de azúcares se explica por una supresión de los procesos secundarios de conversión de azúcares en almidón, de forma análoga a la que ocurre en tratamiento con frío, pero más acentuado. Parece que los enzimas más radiosensibles son los implicados en la síntesis del almidón.

1.5.7. Efectos sobre el contenido en nitrógeno

Los efectos de la radiación gamma sobre el contenido en nitrógeno del tubérculo, se aprecian en la proporción de nitrógeno protéico y soluble frente

al contenido en nitrógeno total. A medida que aumenta el tiempo de almacenamiento se observa, en general, mayor contenido en nitrógeno protéico en los tubérculos irradiados que en los tubérculos testigos, mientras que con el nitrógeno soluble ocurre lo contrario (Sandret y Davin, 1971). La explicación de este hecho cabe buscarla en el aumento en la hidrólisis de las reservas protéicas, que ocurre coincidiendo con el proceso de la brotación.

Estos resultados son similares a los encontrados por Varela y colaboradores (1974) y Aguirre (1975) que observaron, después de cinco meses de almacenamiento, un aumento en el contenido de aminoácidos libres en los tubérculos testigos frente a los irradiados.

1.5.8. Efectos sobre el contenido en ácido ascórbico

Los resultados publicados sobre la influencia de la radiación gamma en el contenido en vitamina C de los tubérculos irradiados son contradictorios. Los datos publicados por la Sociedad Conservatome de Lyón (1966), indican que no hay diferencias importantes en el contenido en ácido ascórbico de los tubérculos testigo e irradiados. Estos resultados difieren de los publicados por Metlitskii y colaboradores (1957), que observaron una disminución del contenido

en vitamina C, en los tubérculos irradiados, durante el primer mes de almacenamiento, siendo esta pérdida proporcional a la dosis recibida por el tubérculo. En almacenamientos prolongados, a partir del cuarto mes, estos mismos autores encontraron que el contenido en vitamina C de los tubérculos irradiados era prácticamente igual al de los testigos, debido a la disminución natural que experimenta el tubérculo testigo durante el almacenamiento. Estos resultados coinciden con los publicados en ORNL (1968).

1.5.9. Efectos sobre el contenido en ácidos fenólicos

La misión principal de los fenoles en las plantas es la de protegerlas de las infecciones. El contenido en estos compuestos se afecta marcadamente por la irradiación. En general, se observa un aumento en la cantidad de compuestos fenólicos del tubérculo, como consecuencia de la irradiación, siendo este aumento menor que el ocasionado por heridas (Ogawa y colaboradores, 1968, Smith, 1968 y Kilian y colaboradores, 1972).

Dupuy y Usciati (1966) relacionaron la inhibición de la brotación en los tubérculos irradiados con la formación de sustancias fenólicas. Según Smith (1968), el contenido en o-difenoles, en la periferia del tubérculo, aumenta con dosis de 15 Krad y se debe

preferentemente a los ácidos clorogénico y caféico, siendo este último parcialmente responsable de la inhibición en el desarrollo de los tubérculos. En un principio parece ser que disminuye el contenido en ácido clorogénico, pero este se forma durante el periodo de recuperación del tubérculo. Estos o-difenoles y las o-quinonas, participan en la formación de radiotoxinas en tejidos de plantas irradiadas.

Zucker (1963 y 1965) observó un aumento del contenido en polifenoles, de la zona de heridas en tubérculos dañados mecánicamente, resultados que coinciden con los de Metlitskii y Ozeretskoyanskaya (1968).

1.5.10. Efectos sobre la conductividad eléctrica y pH

Conductividad eléctrica

Dentro del margen de dosis normalmente utilizado para la conservación de tubérculos, la irradiación produce un descenso en la conductividad eléctrica, siendo este proporcional a la dosis recibida. Este fenómeno fue estudiado por Scherz (1970b y 1973) y Van Dongen y colaboradores (1973), que obtuvieron resultados análogos, habiéndose propuesto este método como test para identificar patatas irradiadas, en los coloquios sobre identificación de alimentos irradiados, celebrados en Luxemburgo en 1970 y en Karlsruhe en 1973.

Una posible explicación a este fenómeno puede radicar en alteraciones de la permeabilidad selectiva de la membrana.

pH

En general, el pH en tubérculos no irradiados, aumenta con el desarrollo fisiológico (Juul, 1949) y al estar este desarrollo fisiológico retardado en el tubérculo irradiado, parece probable que el pH en estos tubérculos sea menor que en los testigos. Sin embargo no se ha encontrado ningún dato bibliográfico que haga referencia a este respecto en tubérculos. Chopra y colaboradores (1963) observaron una disminución en el pH de extractos de frutos irradiados e interpretaron que podía deberse a productos de radiolisis de azúcares.

1.5.11. Efectos sobre las infecciones microbianas

Las referencias bibliográficas sobre la influencia de la radiación en la susceptibilidad de los tubérculos a las enfermedades microbianas son contradictorias.

Rubin y Metlitskii (1958) observaron mayor susceptibilidad a las infecciones, en tubérculos irradiados con dosis de 10 Krad que en los testigos, resultados que coinciden con Fernández González (1966).

García de Mateos y colaboradores (1967) encontraron que los tubérculos irradiados, con dosis de 8 Krad, se infectaron menos que los tubérculos testigo, resultados que coinciden con los encontrados por Ogawa y colaboradores (1968).

Nair y colaboradores (1973) observaron, en tubérculos irradiados con dosis de 10 Krad, mayor tendencia a las infecciones que en los tubérculos testigo, siendo esta más pronunciada al aumentar la temperatura de almacenamiento.

En general, la susceptibilidad de los tubérculos irradiados a las infecciones está muy influenciada por la época de la irradiación y las condiciones de almacenamiento. Debido a que tanto la época de efectuar el tratamiento como las condiciones de almacenamiento son diferentes en los distintos trabajos, tal vez se pueda explicar los resultados dispares encontrados por los distintos autores.

1.5.12. Efectos sobre el "peridermo de heridas"

Para luchar contra las posibles infecciones de las zonas dañadas mecánicamente durante la recolección, el tubérculo posee un mecanismo de defensa que consiste en la capacidad de formar en la zona dañada un tejido peridérmico especial, denominado "peridermo de heridas", que se caracteriza por una proliferación de células de

forma alargada y cuya pared está impregnada de su-
berina que hace de barrera.

Metlitskii y Ozeretskorskaya (1968) observa-
ron que las zonas más activas son las de los haces
vasculares y regiones adyacentes y, la menos activa,
la zona medular. Debido a la inhibición de las divi-
siones celulares causadas por la radiación, en los
tubérculos irradiados se inhibe la formación del "pe-
ridermo de heridas". Son varios los autores que coin-
ciden en estos resultados: Rubin y Metlitskii (1958),
Wagonner (1965), Sawyer (1967), Metlitskii y Oze-
retskorskaya (1968), Penner (1970 y 1973). Este méto-
do fue propuesto por Penner en el Coloquio sobre iden-
tificación de alimentos irradiados celebrado en Luxem-
burgo en 1970, como test para identificar tubérculos
irradiados.

1.6. EFFECTOS DE LA RADIACION GAMMA SOBRE EL DESARROLLO DE TEJIDOS CULTIVADOS "IN VITRO"

1.6.1. Generalidades

La observación del desarrollo de tejidos cultivados "in vitro", puede servir para estudiar el modo de acción de las radiaciones ionizantes sobre organismos vivos.

El cultivo de tejidos "in vitro" ha proporcionado grandes avances a la Fisiología Vegetal, ya que permite estudiar, en condiciones controladas, la respuesta fisiológica de los tejidos ante estímulos físicos o químicos.

En el campo de la irradiación de material vegetal, la técnica de cultivo de tejidos ha permitido estudiar la influencia de la radiación gamma sobre la proliferación celular y el desarrollo, tanto por efecto directo como por efecto a distancia.

1.6.2. Efecto directo

Se han realizado diversos estudios sobre la acción directa de las radiaciones en el desarrollo de tejidos cultivados "in vitro", y entre ellos podemos citar los de Jonard (1964 y 1966). Este autor estudió la acción de los rayos X sobre rizomas de

tupinambo (*Helianthus tuberosus*), demostrando que mediante la técnica de cultivo de tejidos, se puede acelerar la detección de radiolesiones, que normalmente no se revelarían, hasta el momento del desarrollo natural del órgano. Bouriquet y Couvez (1967) encontraron que la radiosensibilidad de hojas de endivia (*Cichorium endivia*) cultivadas "in vitro", se manifestaba por estimulación del crecimiento, con bajas dosis y por inhibición, con irradiación a dosis altas. Faludi (1968) estudió el efecto inhibitor de la radiación gamma, en tejidos de tubérculos de patata irradiados, cultivados en un medio nutritivo que contenía ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D), en concentración óptima para producir estimulación. Este autor observó que en estas condiciones, la irradiación reduce el efecto del 2,4-D en un 40-60 %, y que el efecto inhibitor de la irradiación, para dosis comprendidas entre 10 y 80 Krad, depende más de la época de irradiación que de la dosis recibida por el tubérculo. Spanjersberg (1969) observó que los rayos X producían una inhibición sobre el desarrollo de manifestaciones hiperhídricas, en tejidos de tupinambo cultivados "in vitro", siendo esta inhibición más importante, si el tejido se irradiaba antes de la siembra.

Entre los últimos trabajos realizados en España pueden citarse los de García Collantes (1974) y Alfaro (1974). En el trabajo realizado por García Collantes, sobre el desarrollo "in vitro" de yemas procedentes de tubérculos irradiados, debido a la aceleración del desarrollo que se produce, se puede utilizar esta técnica, como base de un bioensayo para detección del tratamiento de la irradiación. En el trabajo realizado por Alfaro, sobre el cultivo de meristemos de ajos irradiados, se pudo observar, que el efecto base de la radiación sobre la inhibición de la brotación de los bulbos, radica en la detención de la actividad mitótica.

1.6.3. Efecto a distancia

La acción de las radiaciones ionizantes, puede transmitirse a distancia, por sustancias tóxicas capaces de actuar algún tiempo después de la irradiación de los tejidos. Se les denomina "efectos transmitidos o efectos a distancia". Entre estos efectos se pueden diferenciar los producidos por los tejidos irradiados, y los ejercidos por extractos acuosos de tejidos irradiados. Otro tipo de estudios es el que se verifica añadiendo al medio de cultivo compuestos químicos (tales como azúcares) irradiados.

Los efectos ejercidos por tejidos irradiados se observan con dosis inferiores a 10 Krad, mientras que para observarlos en tejidos cultivados en medios con extractos, procedentes de tejidos irradiados, son necesarias dosis comprendidas entre 10 y 100 Krad. Los efectos producidos por la adición al medio de compuestos químicos irradiados, se observan cuando las dosis de irradiación son muy elevadas (superiores a 500 Krad).

Referente a los efectos producidos por tejidos irradiados, podemos citar los trabajos de Kuzin (1964b), que estudió la acción inhibidora o estimulante del parénquima de tubérculos de patata irradiados, sobre el desarrollo de yemas injertadas. En 1965, Kuzin y Narbaev observaron, en los tejidos irradiados, un aumento en quinonas que los indujo a sugerir, que esta acción a distancia podría producirse por oxidación de fenoles. Los o-quinonas formadas inhibirían la síntesis del DNA y las divisiones celulares.

Jonard (1967) estudió el efecto a distancia, con tejidos de tupinambo, mediante la técnica de injertos (tejidos testigo sobre tejido irradiado), y mediante la técnica de irradiación parcial y siembra, en un medio nutritivo, de tejidos tanto de la

zona irradiada como de la zona protegida. En los injertos cultivados "in vitro", observó una acción del tejido irradiado sobre el tejido sin irradiar, que se manifestaba, principalmente, por un desarrollo más débil de los tejidos neoformados. En la segunda experiencia observó que, si la siembra se hacía inmediatamente después de la irradiación, no aparecían diferencias en el desarrollo de los tejidos procedentes de tubérculos testigos, y de los procedentes de la zona protegida de tubérculos irradiados parcialmente. Pero si la siembra se hacía a los ocho días de la irradiación, se observaba una acción inhibidora del tejido irradiado sobre el tejido sin irradiar.

Michiels (1967a) en su tesis doctoral observó, mediante irradiación parcial del tubérculo, un efecto inhibidor del talón irradiado sobre la corona, (esta había sido protegida de la radiación gamma con plomo). Este autor se inclinaba a atribuir esta inhibición al aumento en sacarosa, que se observa en los tubérculos irradiados, aumento que provocaría una inhibición de tipo osmótico, aunque señaló que podrían igualmente considerarse otras sustancias inhibidoras.

García Collantes (1974) observó una inhibición en la brotación de yemas injertadas sobre parénquima irradiado, que se ejercía sobre el número de brotes y, principalmente, sobre la longitud y geotropismo de estos.

Referente a los efectos producidos por extrac-tos acuosos de tejidos irradiados, podemos citar los trabajos de Kuzin y Kasymov (1963) que observaron una inhibición parcial en la elongación de plántulas, de diferentes especies, germinadas en extractos de patatas irradiadas con dosis comprendidas entre 1 y 50 Krad, frente a las germinadas en extractos de tubérculos testigo. Chopra y Swaminathan (1963) observaron la acción inhibidora de los ex-tractos de patatas irradiadas, en la germinación de embriones de cebada.

Breslavets y colaboradores (1965) refirieron que los extractos de patatas irradiadas ejercían so-bre granos de centeno, modificaciones citológicas similares a las obtenidas por Kuzin. En 1966, Dupuy y Usciati estudiaron el crecimiento de "Escherichia coli", en medios nutritivos con extractos de patatas irradiadas y no irradiadas, observando una inhibición del crecimiento de estos microorganismos cuando

se cultivaron en medios que contenían extractos irradiados. En 1967a, Michiels observó un efecto inhibidor de los extractos acuosos de patatas irradiadas, sobre la brotación de yemas de tubérculos de patata testigo.

Referente a los efectos producidos por la adición al medio de compuestos químicos irradiados, se han realizado diversos estudios, y entre ellos podemos citar los de Schaeverbeke y colaboradores (1968) y Jonard y colaboradores (1968). Estos autores observaron que la irradiación de azúcares inhibía la proliferación de tejidos cultivados "in vitro" y activaba, por el contrario, la acción sobre neoformaciones y elongación de raíces. Ammirato y Steward (1969) observaron inhibición, e incluso supresión del desarrollo, de células de plantas cultivadas "in vitro" en un medio nutritivo con sacarosa irradiada, pero con dosis bajas observaron un incremento en la proliferación celular de tejidos procedentes de floema de zanahoria cultivada "in vitro".

Los productos de radiolisis de azúcares irradiados han sido estudiados por varios autores, entre los que podemos citar Phillips (1954), Ehrenberg y colaboradores (1960), Berger y Saint-Lebe (1969),

Morre (1970), Scherz (1970a), etc. Uno de los productos identificados en la radiolisis de la glucosa es el glioxal. Manant y colaboradores (1969) consideraron de interés, estudiar la acción del glioxal sobre proliferación y rizogenesis de tejidos de tupinambo cultivados "in vitro" y encontraron un efecto tóxico de éste sobre la proliferación de los tejidos, para concentraciones de glioxal superiores a 100 mg/l. Esta toxicidad es similar a la observada utilizando soluciones al 4 % de glucosa irradiada a 5 Mrad. Por efecto del glioxal, se observó también un incremento en la neoformación de raíces, y en el alargamiento de estas, que alcanzó el valor máximo para la concentración de 272 mg/l.

1.7. IDENTIFICACION DE PATATAS IRRADIADAS

Para obtener la aprobación del consumo de los alimentos irradiados, es importante disponer de métodos inequívocos que determinen si un alimento ha sido irradiado o no.

Se ha intentado identificar algún tipo de sustancia inducida por la radiación en los alimentos irradiados, o las posibles variaciones de parámetros físicos, químicos o biológicos, correlacionándolas con la dosis recibida por el material. En esta línea la Comisión de las Comunidades Europeas inició una serie de contratos de investigación con diversas instituciones científicas de la C.E.E., habiéndose celebrado varios coloquios internacionales sobre el tema.

Como resumen de estos coloquios podemos citar algunos de los métodos empleados en tubérculos de patata: Saint-Lebe y colaboradores (1970), Morre (1970) y Scherz (1970a), estudiaron los productos de radiolisis del almidón, principalmente los aldehídos malónico y fórmico y peróxido de hidrógeno, no encontrando diferencias para las dosis utilizadas en la conservación de los tubérculos.

Scherz (1970b y 1973) encontró un descenso en la conductividad de los tubérculos irradiados, pudiendo usarse como test para dosis comprendidas entre 0 y 100 Krad. También Van Dongen y colaboradores (1973) encontraron diferencias significativas, similares a Scherz, en la conducti-

vidad de los tubérculos testigos e irradiados.

Vander Stichelen Rogier (1973) estudió por electroforesis las posibles diferencias en los extractos proteínicos de tubérculos irradiados a 15 Krad y tubérculos testigo, no encontrando diferencias en las separaciones electroforéticas para las dosis empleadas.

Penner (1970 y 1973) basándose en la incapacidad de los tubérculos irradiados de formar el "peridermo de heridas", debido a la inhibición de la división celular, propuso un test para diferenciar tubérculos irradiados, con dosis empleadas para la conservación y tubérculos testigo.

Sandret y colaboradores (1973) basándose, como Penner, en la inhibición de la división celular por irradiación, comunicaron la posibilidad de identificar patatas irradiadas, mediante el estudio de la brotación de yemas de patata sembradas en tiestos con arena húmeda o mediante la siembra de tejidos de patata en un medio nutritivo, comprobando el efecto inhibidor de las radiaciones sobre la brotación. Investigaciones paralelas se han llevado a cabo en la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid y en la Junta de Energía Nuclear, por García Collantes (1974), estudiando el desarrollo de yemas cultivadas "in vitro" y por Fernández y Mazón (1971) en estudios sobre el desarrollo de parénquima amilífero cultivado "in vitro".

Baraldi (1973) comprobó que la inhibición de la brotación por irradiación, era irreversible. Al sumergir tubérculos en soluciones de ácido giberélico, observó que los tubérculos irradiados no brotaban, mientras que los tratados con IPC y los testigos sí que lo hacían.

Se ha visto, en ciertos casos, el paralelismo existente entre las modificaciones provocadas por los medios de conservación tradicionales y los ocurridos por radiación gamma. Un ejemplo típico es la aparición de radicales libres, efecto que se creía característico de la radiación gamma y que, actualmente, se han detectado por medidas de resonancia de spin electrónico, en alimentos tratados por desecación y frío.

En general, los cambios en los índices bioquímicos, se observan claramente a partir de dosis superiores a las requeridas para la conservación, por lo que últimamente hay mayor inclinación hacia los test biológicos.

1.8. APROBACION OFICIAL DEL CONSUMO DE PATATAS IRRADIADAS

Entre los riesgos posibles que pueden entrañar los alimentos irradiados podemos citar: radiactivación, radiocontaminación y formación de sustancias tóxicas.

Considerando la energía de los núclidos productores de radiación gamma (^{60}Co de 1'33 MeV y ^{137}Cs de 0'66 MeV), la posibilidad de radiactivación es prácticamente nula, debido a que la energía umbral para la posible aparición de radiactivación inducida, es de 5 MeV (para la radiación gamma).

La posibilidad de radiocontaminación ocasionada por el contacto del producto con la fuente radiactiva, es nula si se sigue la legislación vigente, la cual determina, que las fuentes de irradiación deben estar encapsuladas y sometidas a control periódico.

Finalmente, por la repercusión que pueda tener sobre la alimentación animal y humana, se ha estudiado la posibilidad de formación de sustancias tóxicas, bien directa o indirectamente. En el tubérculo irradiado no se ha encontrado ninguna sustancia de tipo tóxico que lo haga inutilizable como alimento, ya que las dosis necesarias para inhibir la brotación son muy bajas.

Rubin y Metlitskii (1958) realizaron una experiencia con dos generaciones de animales (ratas y perros) y no

encontraron diferencias significativas en el grado de desarrollo, constantes hematológicas, etc., entre los animales alimentados con patatas testigo e irradiadas con dosis de 10 Krad, ni en la descendencia de éstos. Respecto a las características organolépticas de los tubérculos irradiados, tampoco se observaron cambios a los tres meses de almacenamiento. Como consecuencia, la U.R.S.S. autorizó el uso de patatas irradiadas hasta 10 Krad, para alimentación humana y, en 1964, el Dzerzhinskii Fruit and Vegetable Base de Moscú, construyó el primer irradiador a escala comercial.

Varela y Moreiras (1966) y Varela y colaboradores (1974), estudiaron las posibles diferencias entre el valor nutritivo de patatas testigo e irradiadas a 8 Krad, encontrando diferencias solo en los nutrientes digestibles totales y en la energía neta por kg de sustancia seca. En 1969 un Comité mixto F.A.O./I.A.E.A./O.M.S., proyectó un programa de investigación sobre inocuidad de los tubérculos irradiados.

Vidal (1970) resumió las experiencias que se habían realizado con animales, así como los test de comestibilidad de patatas irradiadas en poblaciones humanas, realizadas en Dinamarca, Canadá, U.S.A. e Israel, resultando favorable el informe para aprobación del tratamiento de patatas por irradiación en Francia. Pomarola (1970) no observó ninguna diferencia en el contenido en azúcares de tu-

bérculos testigo e irradiados a 10, 15, 25 y 50 Krad, ni encontró sustancias degradables de glucosa, fructosa, sacarosa o ácido ascórbico.

Como consecuencia de todos los estudios anteriores, se ha aceptado la inocuidad de las patatas irradiadas para la salud pública, y se ha aprobado su comercialización en diversos países, como se refleja en la Tabla V.

TABLA V

Comercialización de patatas irradiadas en diferentes países
(Datos suministrados por la IAEA)

<u>P A I S</u>	<u>Fuente de radiación</u>	<u>Dosis (Krad)</u>	<u>Fecha de aprobación</u>
U.R.S.S.	^{60}Co	10	14 marzo 1958
Canadá	^{60}Co	10 max.	9 novbre. 1960
		15 max	14 junio 1963
U.S.A.	^{60}Co	5-10	30 junio 1964
	^{137}Cs	5-10	2 octubre 1964
	$^{60}\text{Co} + ^{137}\text{Cs}$	5-15	1 novbre. 1965
Israel	^{60}Co	15 max.	5 julio 1967
OMS [★]	^{60}Co o ^{137}Cs	15 max.	12 abril 1969
España	^{60}Co	5-15	4 novbre. 1969
Hungría [★]	^{60}Co	10	23 dicbre. 1969
		15 max.	10 enero 1972
Dinamarca	elect. 10 MeV	15 max.	27 enero 1970
Holanda	^{60}Co	15 max.	23 marzo 1970
	elect. 4 MeV	15 max.	23 marzo 1970
Uruguay [★]	^{60}Co		23 junio 1970
	^{60}Co	20 max.	23 mayo 1974
Bulgaria	^{60}Co		1971
Japón	^{60}Co	15 max.	30 agosto 1972
Filipinas ^{★★}	^{60}Co	15 max.	13 septbre. 1972
Francia ^{★★}	^{60}Co	7'5-15	8 novbre. 1972
Italia	^{60}Co o ^{137}Cs	7'5-15	30 agosto 1973

★ Lotes experimentales

★★ Aprobación temporal por 5 años.

2. MATERIAL Y METODOS

2. MATERIAL Y METODOS

2.1. TUBERCULOS EMPLEADOS

2.1.1. Características de la variedad .

Se realizaron las experiencias con tubérculos de variedad Arran Banner, procedentes de Palaciosrubios (Salamanca), sembrados a final de Mayo y recogidos a mediados de Noviembre. Es una variedad de piel y carne blancas, que se cultiva en la mayor parte de la península, destinándose parte de la producción a la exportación. El tubérculo es de forma redondeada, ligeramente aplastado y de buen tamaño. Los ojos son escasos y semihundidos y la brotación es rápida, por este motivo su conservación es regular. Se eligió esta variedad con objeto de estudiar los efectos de la radiación gamma sobre tubérculos que, normalmente, ofrecen dificultad en la conservación, pero que son muy interesantes por su elevada producción.

2.1.2. Selección de los tubérculos

Se seleccionaron seis lotes analíticos, de unos 250 tubérculos aproximadamente y de cada uno de ellos se separaron 30 tubérculos para controlar

la brotación, pérdida de peso e infecciones y el resto se almacenó en idénticas condiciones y se destinó para realizar las distintas determinaciones analíticas destructivas.

2.2. TRATAMIENTOS

2.2.1. Tratamiento con radiación gamma

Se hicieron dos irradiaciones, siendo la primera en la fase de reposo del tubérculo (a final de Noviembre) y la segunda al comienzo de la brotación (a final de Enero).

La irradiación se realizó en la Unidad NAYADE (rayos γ de ^{60}Co) de la Junta de Energía Nuclear, cuya descripción se detalla en el Informe de Seguridad nº 3 publicado por el C.N.E.N. (1973), con un flujo de 212 Krad/h para la primera irradiación, y de 209 Krad/h para la segunda y a una temperatura de 23°C.

Las dosis utilizadas fueron de 3, 6, 9 y 12 Krad. Para la medida de la dosis, se utilizó el método Fricke, descrito por Fornas (1965).

2.2.2. Tratamiento con IPC

Se utilizó un preparado comercial de IPC con una riqueza del 2'4 %, aplicándose en polvo a los tubérculos a razón de 30 g de materia activa por Tm. El tratamiento se hizo a las cuatro semanas de la recolección, con objeto de minimizar los efectos sobre la inhibición del "peridermo de heridas".

Los tubérculos, después del tratamiento, se conservaron en pallets (cajas de madera con ventilación), cubiertas con papel, y se almacenaron aislados de los tubérculos que habían recibido otros tratamientos, con objeto de evitar interferencias en estos.

2.2.3. Tratamiento con HM

Se utilizó un preparado comercial de HM con una riqueza del 30 %, aplicándose a las hojas de la planta en forma de spray, a razón de 0'24 ml de materia activa por m² de plantación. El tratamiento se realizó dos semanas después de concluida la floración.

2.2.4. Tratamiento con refrigeración

Los tubérculos se mantuvieron en una cámara fría a una humedad relativa del 80 % y a una temperatura de $3 \pm 1^{\circ}\text{C}$.

2.2.5. Condiciones de almacenamiento

Los tubérculos, una vez sometidos a los diferentes tratamientos, se conservaron en pallets y se almacenaron en oscuridad con ventilación suficiente, a una humedad relativa media del 75 % y a una temperatura media de 11°C .

2.3. TECNICA DEL CULTIVO DE PARENQUIMA AMILIFERO DE PATATA

2.3.1. Medio nutritivo

Como resultado de unos ensayos preliminares se seleccionó el medio Heller, suplementado con vitaminas y fitorreguladores, cuya composición se detalla en la Tabla VI. Se utilizó glucosa al 4 % como aporte hidrocarbonado y agar al 0'9 % para solidificar.

Se utilizaron tubos de pirex de 150 mm de longitud y 22 mm de diámetro, añadiéndose 18 ml de medio y cubriéndose con tapones cap-o-tex. Se esterilizaron en autoclave durante 20 minutos a 115°C.

2.3.2. Siembra

Los tubérculos, después de pelados, se esterilizaron con hipoclorito cálcico al 9 % durante 45 minutos. El residuo de hipoclorito se eliminó efectuando a continuación cuatro lavados con agua estéril, con una duración de 1/2, 5, 15, y 60 minutos respectivamente, y un lavado final, en el que permanecían los tubérculos, hasta el momento de la siembra.

Se sembraron fragmentos de forma cilíndrica,

TABLA VI

Composición del medio para cultivo del parénquima amilífero de patata

Producto			Concentración g/l
Sales minerales (solución Heller)	Macroelementos	ClK	0'750
		NO ₃ Na	0'600
		SO ₄ Mg.7H ₂ O	0'250
		PO ₄ H ₂ Na.H ₂ O	0'125
		Cl ₂ Ca.2H ₂ O	0'075
	Microelementos	Cl ₃ Fe.6H ₂ O	0'001
		SO ₄ Zn.7H ₂ O	0'001
		BO ₃ H ₃	0'001
		SO ₄ Mn.H ₂ O	0'0001
		SO ₄ Cu.5H ₂ O	0'00003
		Cl ₃ Al	0'00003
		Cl ₂ Ni.6H ₂ O	0'00003
		IK	0'00001
	Agar		9'0
	Glucosa		40'0
	Vitamina B ₁		0'001
	Pantotenato de calcio		0'0001
	2,4-D		0'001
	Cinetina		0'0001

de 20 mm de altura y 12 mm de diámetro, tomados del interior del tubérculo, de tal manera que se mantuvo siempre la polaridad en el tubo. De cada tratamiento se hicieron 36 repeticiones y, durante todo el proceso, se mantuvieron las condiciones de asepsia, trabajando en cámara de flujo laminar.

A lo largo del periodo de almacenamiento se realizaron dos siembras, siendo la primera en Enero y la segunda en Marzo. En la primera se utilizaron tubérculos irradiados en Noviembre y, en la segunda, se utilizaron tubérculos procedentes de la primera y segunda irradiación.

2.3.3. Condiciones de cultivo

El periodo que duró el crecimiento fue de cuatro meses, con un ritmo de iluminación de 12 h luz (proporcionada por tubos Gro-lux "Silvania" de 30 w a una distancia de 20 cm) y 12 h oscuridad a una temperatura media de $20 \pm 2^{\circ}\text{C}$.

2.4. EVALUACION DE PARAMETROS EN TUBERCULOS DE PATATA

2.4.1. Epocas de realización

Se realizaron con los distintos lotes una serie de determinaciones a lo largo del periodo de conservación de los tubérculos, con objeto de estudiar su evolución. El control de peso, brotación e infecciones, se realizó mensualmente y las determinaciones analíticas se realizaron en Diciembre, Febrero y Abril, siendo las dos primeras inmediatamente después de realizar la irradiación temprana y tardía, respectivamente, y la tercera en el mes de Abril.

2.4.2. Brotación

Se observó mensualmente, durante un periodo de seis meses, la brotación de los tubérculos, anotándose el número de brotes por tubérculo y la longitud de los mismos.

2.4.3. Variación de peso

2.4.3.1. Peso fresco

Mensualmente, durante un periodo de seis meses, se realizaron pesadas de los tubérculos apar

tados para este fin, y se determinó la pérdida de peso global por diferencia entre el peso de la muestra en cada determinación y el peso inicial. Los resultados se refirieron a 100 g de peso fresco inicial.

2.4.3.2. Contenido en humedad

El contenido en humedad se determinó por diferencia de pesadas entre el peso fresco inicial y el peso seco, después de permanecer las muestras en estufa a 105°C hasta peso constante.

2.4.4. Actividad respiratoria

2.4.4.1. Respiración del parénquima

Se determinó manométricamente el consumo de oxígeno en cortes de parénquima de patata. Para ello se cortaron los tubérculos en dos partes y, con un sacabocados, se tomaron de la parte central de los tubérculos, cilindros de 10 mm de diámetro, de los que se hicieron cortes de 1 mm de espesor, utilizando para tal fin un microtomo de mano. Estos cortes se mantuvieron 15 minutos en un tampón de fosfato 0'01 M pH 6.

Las medidas se hicieron a 25°C, en un respirómetro diferencial Gilson, a presión constante (Figs. 7 y 8), cuya descripción se refiere en Moore (1974). El equipo tiene capacidad para catorce matraces. En cada matraz de reacción se depositaron 3 ml de tampón fosfato y 5 discos de parénquima en el compartimiento principal y 0'2 ml de KOH al 20 % en el compartimiento central que contenía una pequeña tira de papel de filtro. En todas las experiencias se dejó un matraz sin tejido (contenía solamente tampón e hidróxido potásico).

El matraz de referencia, que contenía agua destilada y hervida, (un volumen tal que el volumen de gas en este matraz equilibre el volumen gaseoso de los catorce matraces de reacción), se introdujo en un baño termostático a temperatura de 25°C. Una vez preparados los matraces de reacción se conectaron al respirómetro y fueron introducidos en el baño. Después de 15 minutos de estabilización, se ajustó la lectura inicial en todos los matraces a 250 μ l, se cerró la llave de paso que une los matraces de reacción con el matraz de referencia y se hicieron lecturas cada 10 min. durante 1 h.

Finalizadas las medidas se desecaron los cortes en estufa, 24 h a 105°C, hasta peso constante,

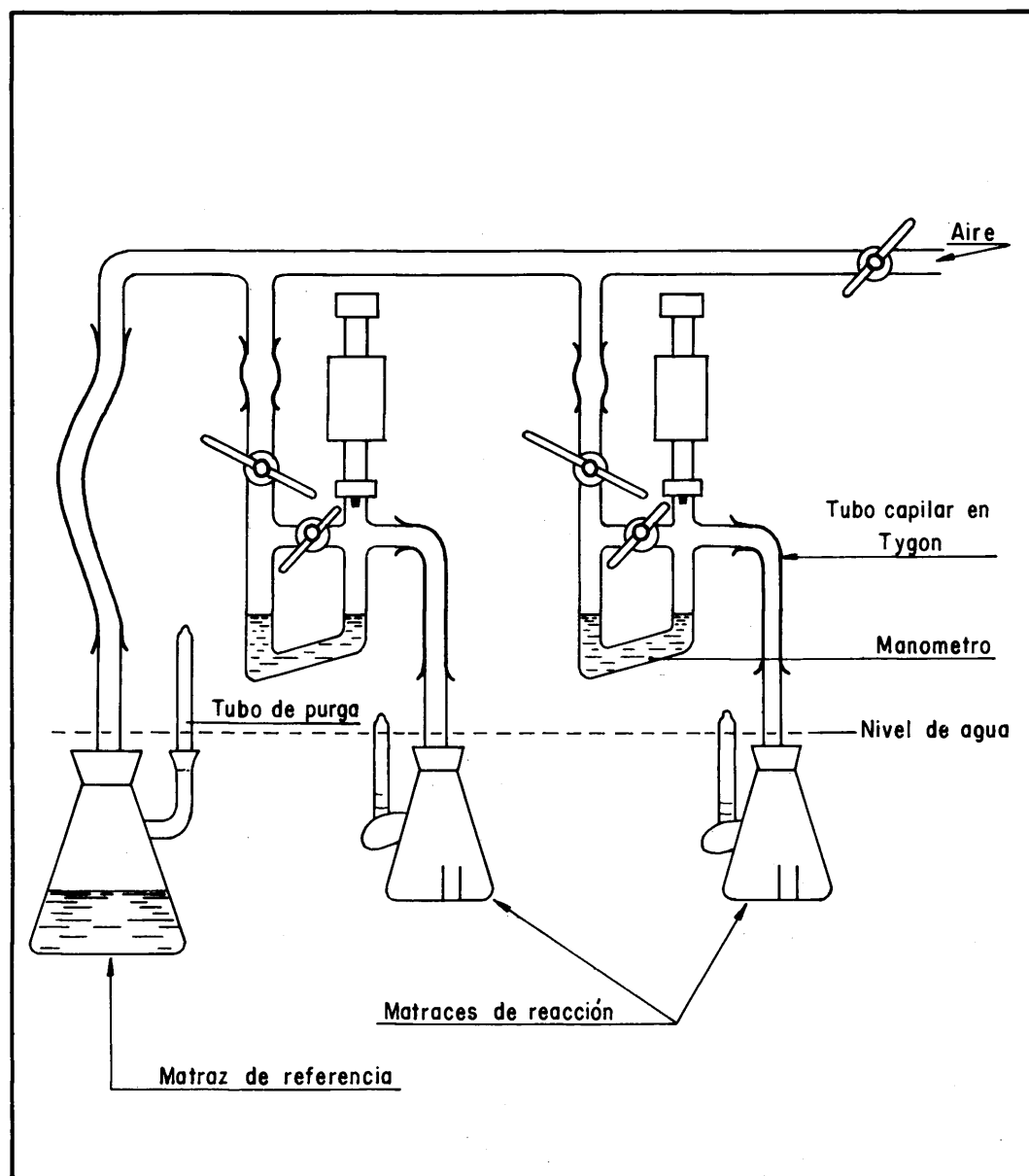


Fig. 7.—Esquema general del respirómetro Gilson (Tomado de Gilson Medical Electronics, 1971).

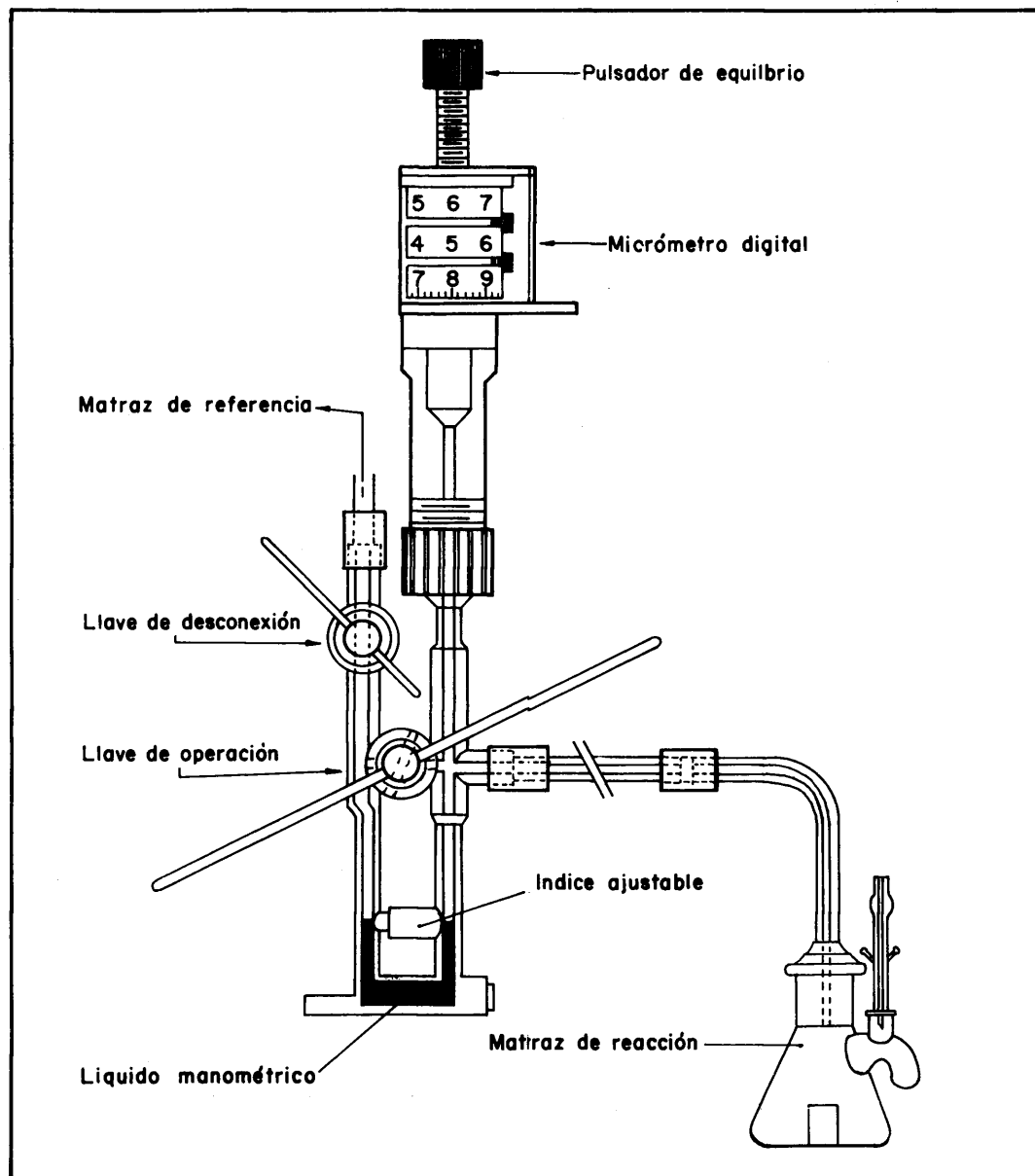


Fig. 8.—Detalle de una unidad del respirómetro Gilson compuesta por: matraz de reacción, manómetro, micrómetro digital, conexiones y llaves (Tomado de Moore, 1974).

expresándose los resultados en μ l de oxígeno consumido por mg de peso seco de los tejidos y por hora.

2.4.4.2. Determinaciones enzimáticas de la fracción mitocondrial

Aislamiento del extracto de mitocondrias

El aislamiento se realizó, a temperatura próxima a 0°C, por el procedimiento tradicional de ruptura y centrifugación diferencial.

El homogeneizado de parénquima de patata se realizó triturando, durante 40 seg, 150 g de tejido cortado en pequeños trozos con 300 ml de medio Baker, descrito por Berset-Cochet (1970), cuya composición era la siguiente: sacarosa 0'5 M, EDTA 0'1mM y cisteína 5 m M, en un tampón fosfato 0'1 M pH 7'2. Se filtró el homogeneizado a través de cuatro espesores de gasa, y el filtrado se centrifugó a 2.500 g durante 10 min. El sobrenadante se volvió a centrifugar a 12.000 g durante 15 min y en el residuo (de color amarillento oscuro) se encontraba la fracción mitocondrial. Este residuo se resuspendió en 4 ml de medio de extracción, utilizando para ello un algodón hidrófilo en el extremo de una varilla y se conservó en baño de hielo. El resumen de todo el proceso para obtener la fracción mitocondrial, se refleja en la Fig. 9.

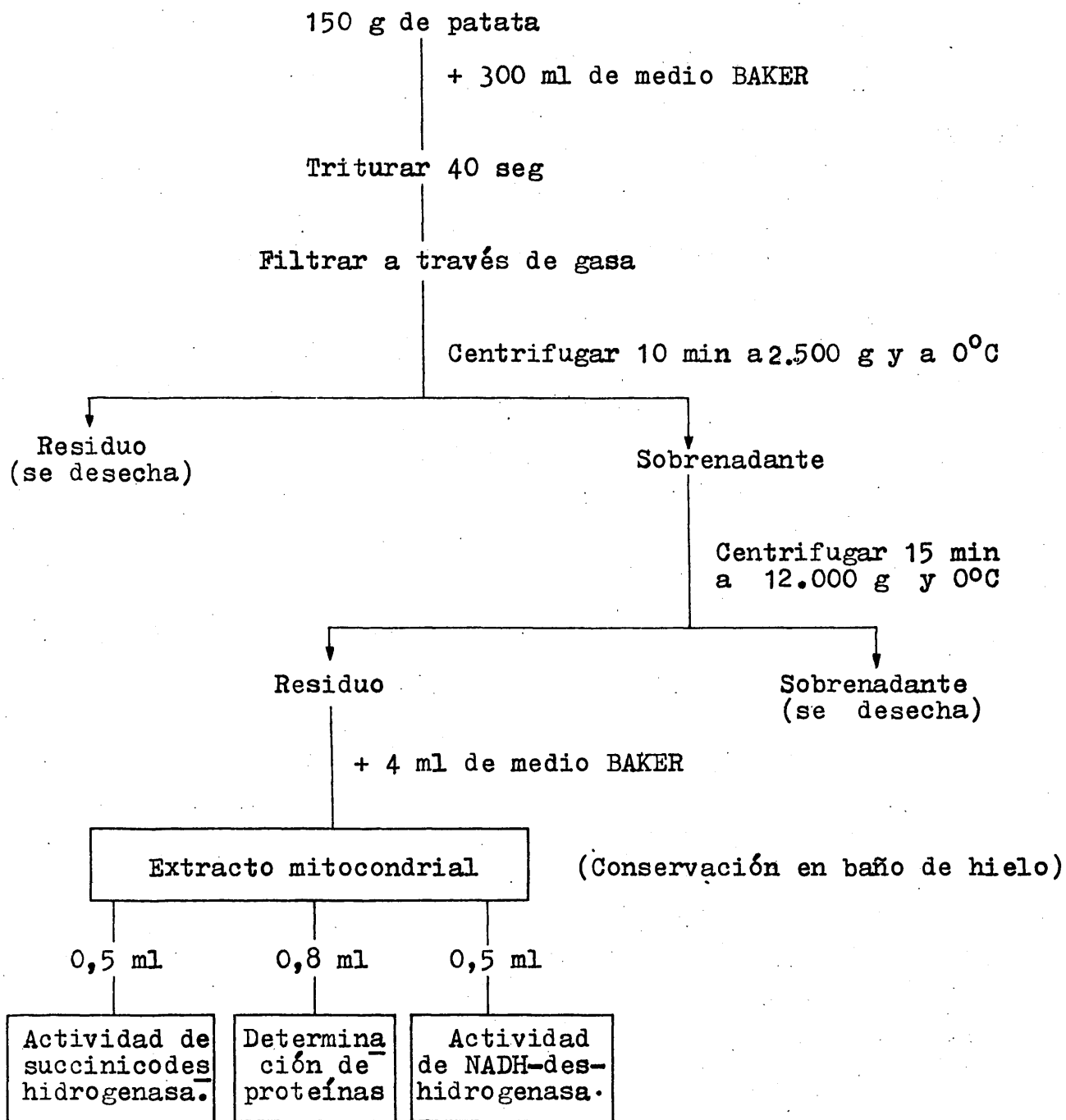


Fig. 9.- Esquema de obtención del extracto mitocondrial.

Determinación de proteínas

Se realizó utilizando el método de Biuret descrito por Layne (1963). A 0'8 ml de extracto mitocondrial se añadió 4'4 ml de agua destilada y 8 ml de reactivo Biuret. Pasados 10 min, se leyó la densidad óptica (D.O.) a 540 nm. La concentración de proteína se calculó mediante una curva patrón, con un preparado proteínico que contenía un 7'2 % de proteína (Labtrol de Dade).

Actividad de la succinicodehidrogenasa

Se determinó manométricamente, a 25°C, en un respirómetro Gilson, expresándose la actividad en μ moles de ácido succínico oxidado por min y por mg de proteína (Bonner, 1965).

En cada matraz se puso 1'5 ml de medio de extracción y 0'5 ml de ácido succínico 0'1 M en el compartimiento principal, 0'2 ml de KOH al 20 % en el compartimiento central, que contenía una tira de papel de filtro, y 0'5 ml de extracto mitocondrial en el brazo lateral del matraz. Después de 10 min de estabilización, se cerró la llave de paso que une los matraces de reacción con el matraz de referencia y se hizo la lectura inicial. Inmediatamente se vertió el extracto mitocondrial y se hicieron medidas cada 3 min, durante 15 min.

Actividad de la NADH-deshidrogenasa

La actividad enzimática se determinó espectrofotométricamente a 340 nm, expresándose los resultados en μ moles de NADH oxidado por min y por mg de proteína (Brodie, 1964).

Se determinó el descenso de D.O., durante 3 min, de una cubeta que contenía 1,7 ml de medio de extracción, 0'3 ml de NADH 0'1 % y 0'5 ml de extracto mitocondrial, frente a una cubeta de referencia que contenía 2 ml de medio de extracción y 0'5 ml de extracto de mitocondrias.

2.4.4.3. Actividad de la polifenoloxidasas

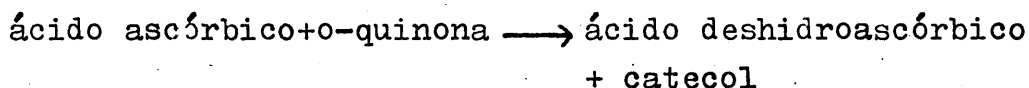
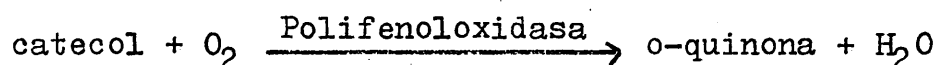
Extracción

Se tomó 50 g de peridermo procedente de tubérculos que habían sido lavados previamente y se trituró, durante 1 min, con 50 ml de tampón pH 5'1 (fosfato disódico 0'4 M - ácido cítrico 0'2 M). El homogenizado se centrifugó, durante 5 min, a 800 g y a 0°C, utilizándose el sobrenadante para determinar la actividad de la polifenoloxidasas.

Actividad enzimática

El fundamento del método está basado en la adición, al medio de reacción, de ácido ascórbico como

fuelle de electrones para regular el catecol. El grado de oxidación del ácido ascórbico se siguió haciendo gotear la mezcla de reacción sobre un indicador formado por: IK, SO_4H_2 , almidón y pirogalol (Dawson y Magee, 1964). Las reacciones del proceso pueden esquematizarse,



En el momento en que se oxida todo el ácido ascórbico, la o-quinona reacciona con el indicador, oxidando al IK y formando yodo que da coloración azul con el almidón y se puede valorar colorimétricamente.

Los resultados se expresaron en unidades de enzima por ml. La unidad se calculó dividiendo la pendiente de la recta "consumición de ácido ascórbico en función del tiempo" entre $2.62 \cdot 10^{-3}$ (moles de ácido ascórbico por segundo).

El ensayo de este enzima se determinó en el equipo que se detalla en la Fig. 10. En el matraz de reacción se colocó una mezcla formada por: 10 ml de tampón pH 5.1, 2.5 ml de catecol 0.182 M, ácido ascórbico en cantidad variable (de 3 a 6 mg), tomados de una solución 0.0057 M en ácido metafosfórico 0.1 % y agua des-

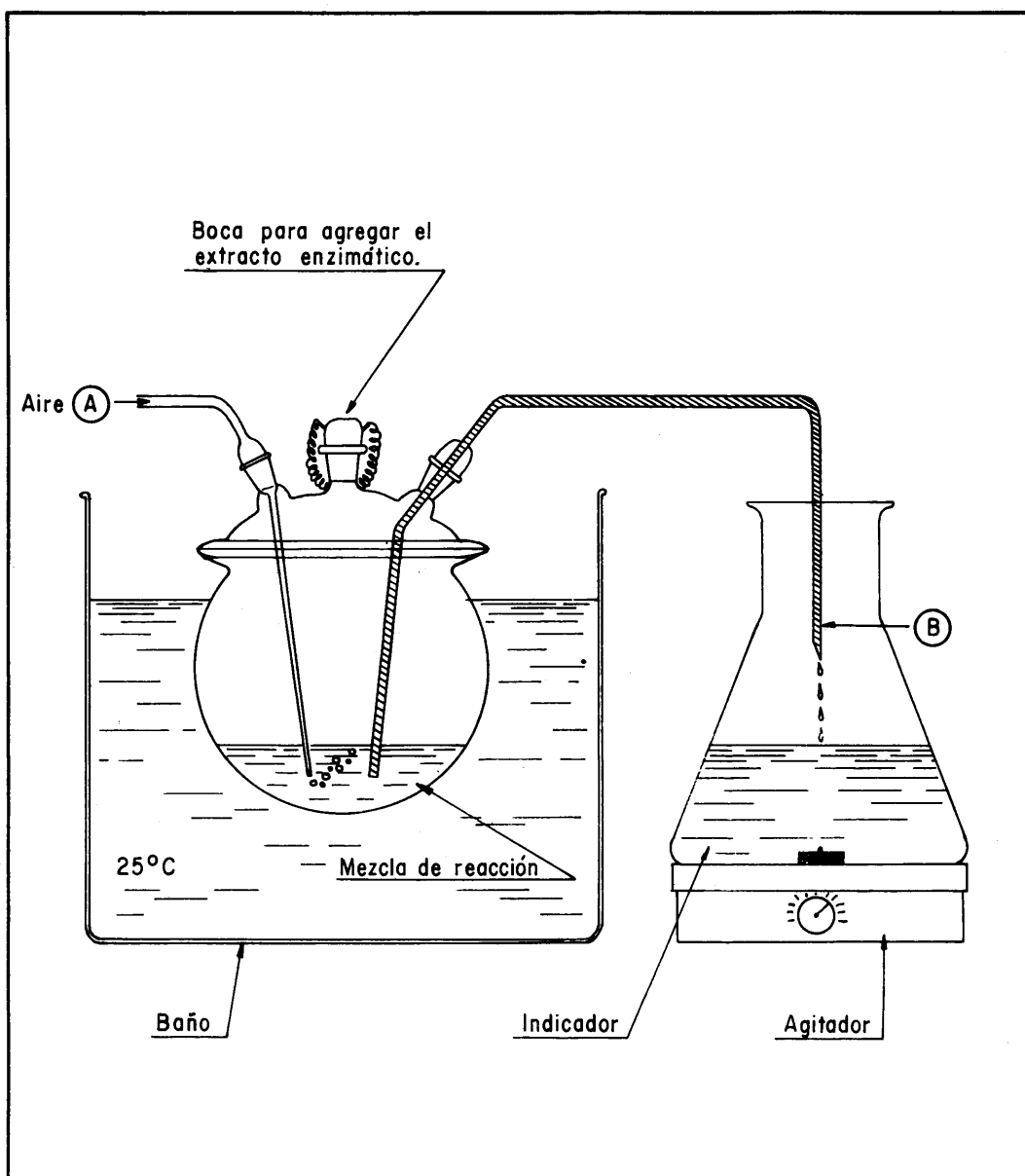


Fig. 10.—Esquema del equipo utilizado para medir la actividad de la polifenoloxidasas.

tilada en cantidad suficiente hasta enrasar a 100 ml y se introdujo en un baño termostático a 25°C. La reacción se inició añadiendo 1 ml del extracto enzimático. Por la entrada A del reactor se introdujo aire a presión que borbotaba en el líquido, producía sobrepresión y hacía fluir la mezcla de reacción por el capilar B. La presión de entrada del aire se ajustaba para que el flujo de salida fuera de 60 μ l por seg. El líquido de reacción se recogía sobre un matraz Erlenmeyer en el que había 55 ml de una solución de indicador formada por 25 ml de IK al 10 % y 25 ml de SO_4H_2 2 N, a los que se añadió 0'5 g de pirogalol y 5 ml de almidón al 1 %. Esta solución estaba en agitación continua por medio de un agitador magnético de fondo blanco para observar el viraje.

En el momento de añadir el enzima se ponía en marcha un cronómetro y se detenía en el momento del viraje, a color azul, del indicador de presencia de o-quinona. El esquema del proceso puede observarse en la Fig. 11.

2.4.5. Azúcares solubles

Extracción

Se tomaron muestras de 5 g de parénquima, aproximadamente, que se trocearon y estabilizaron a reflujo

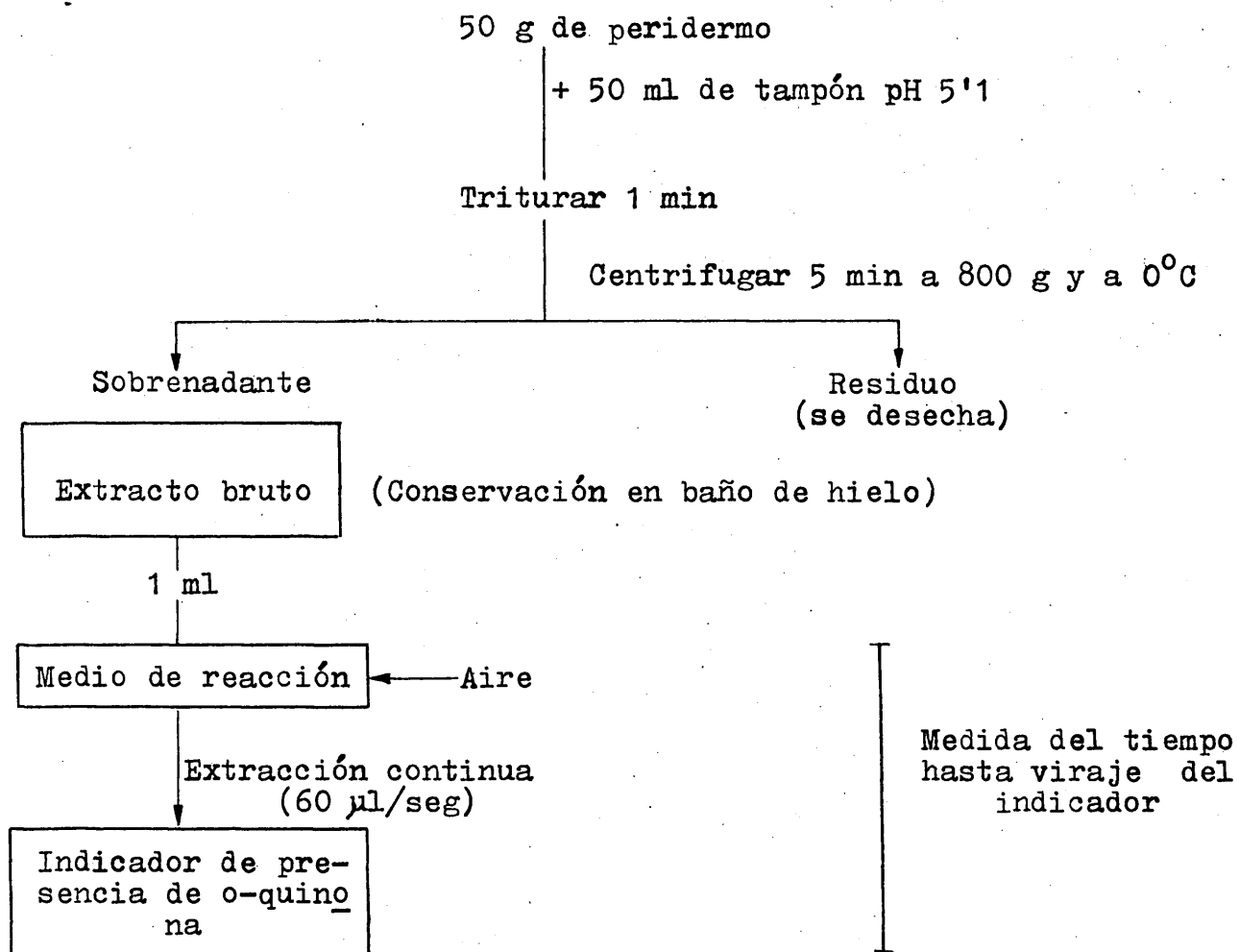


Fig. 11.- Esquema del proceso de extracción y determinación de la actividad de la polifenol-oxidasa.

lento, durante 1 h, con alcohol etílico al 95 % (cinco partes de alcohol por una de tejido). Seguidamente se dejó enfriar y se mantuvo en refrigerador durante 48 h, al cabo de las cuales se decantó el alcohol de estabilización y la pulpa se volvió a extraer con alcohol etílico al 76 % en microsoxhlet durante 1 h. Finalmente se lavó la pulpa un par de veces con 10 ml de alcohol al 76 % y se mezclaron los diferentes extractos alcohólicos obtenidos. Esta mezcla se concentró en rotavapor a 50°C y el residuo se disolvió en agua destilada caliente hasta enrasar a 50 ml. De esta solución se precipitaron las proteínas e impurezas mediante un clarificador constituido por partes iguales de ferrocianuro potásico 0'1 N y sulfato de zinc 0'1 N. Finalmente, se filtró y se comprobó el enrase.

El esquema de este proceso se refleja en la Figura 12.

Determinación de azúcares

De la solución de azúcares se determinó el contenido en azúcares reductores, azúcares totales y fructosa total.

Azúcares reductores.- Se utilizó el método de Nelson-Somogyi descrito por Arditti y Dunn (1969). Para ello,

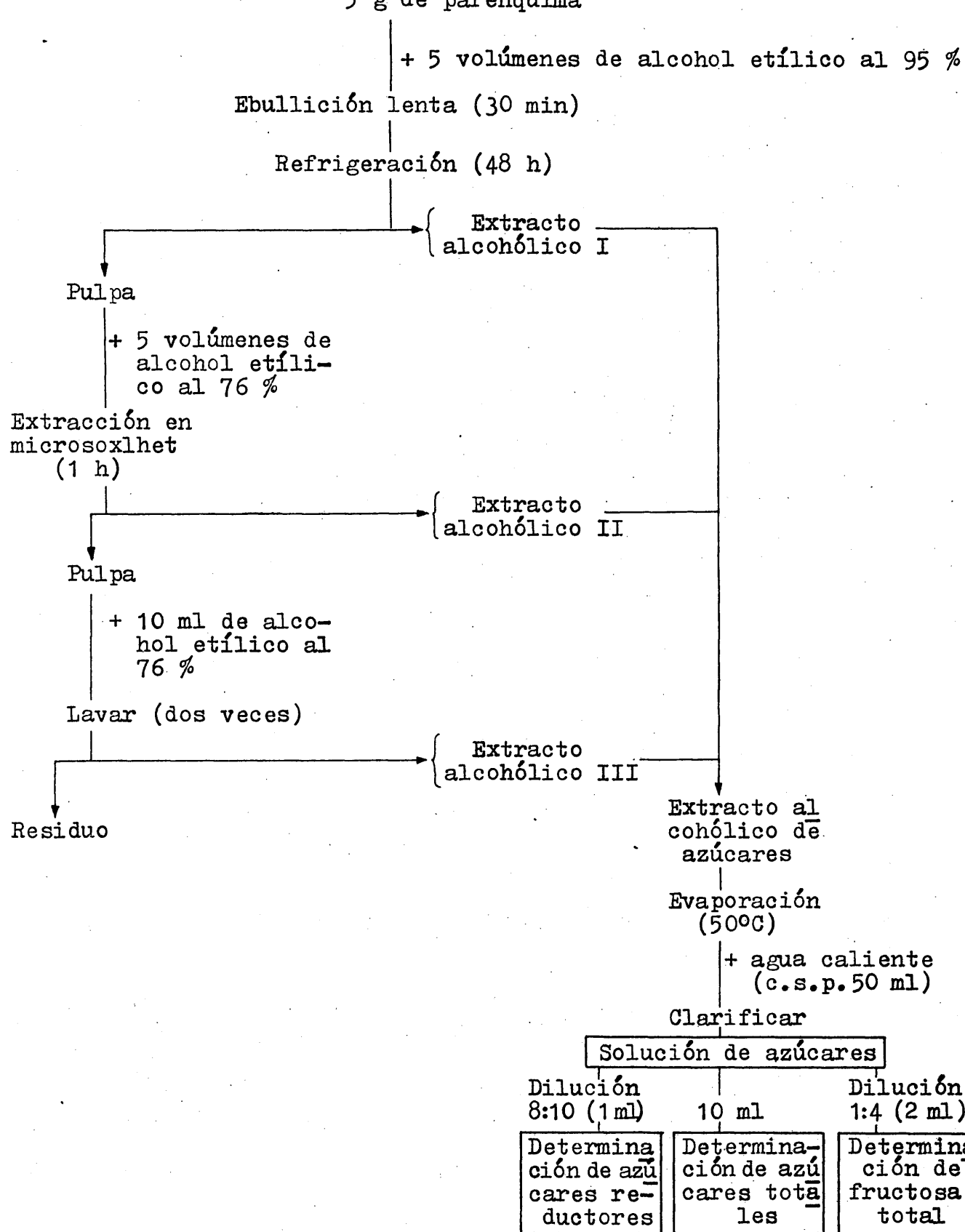


Fig. 12.- Esquema del proceso de extracción de azúcares solubles.

se tomó de la solución de azúcares una alícuota que se diluyó 8:10 y de esta dilución se tomó 1 ml que se mezcló con 1 ml del reactivo de Nelson-Somogyi. La mezcla se calentó, en baño de agua a ebullición, durante 20 min. A continuación se enfriaron los tubos y se añadió 1 ml del reactivo arseno-molibdico y, cuando acabó la reacción, se enrasaron a 25 ml con agua destilada. Finalmente, se determinó la D.O. a 540 nm y como patrón se utilizó una solución de glucosa de 100 ppm.

Azúcares totales..- Para determinar el contenido en azúcares totales se hidrolizó la sacarosa, siguiéndose el método descrito por la AOAC (1970). Se tomaron 10 ml de la solución de azúcares que se hidrolizaron añadiendo 2 ml de ácido clorhídrico 5 N. Las gradillas, con los tubos que estaban a temperatura ambiente, se introdujeron en un baño de agua a 70°C y se mantuvieron en él hasta que la temperatura en el interior de los tubos alcanzó 68°C, en cuyo momento se dio por terminada la hidrólisis. A continuación se enfrió a 20°C y se neutralizó con hidróxido sódico 5 N, enrasándose a 25 ml con agua destilada. De este extracto hidrolizado se tomó una alícuota que se diluyó 8:10.

Los azúcares totales se determinaron por Nelson-Somogyi, tomando 1 ml de la dilución. El contenido en

sacarosa se calculó multiplicando por 0'95 la diferencia del contenido en azúcares totales menos el contenido en azúcares reductores. Como patrón se utilizó una solución de sacarosa de 237'5 ppm, a la que se hidrolizó de la misma manera que la muestra.

Fructosa total..- Se determinó por el método colorimétrico de ROE, descrito por Snelly Snell (1953), utilizando una solución ácida de resorcinol. Para ello, se tomó de la solución de azúcares una alícuota que se diluyó 1:4, y de esta dilución se tomaron 2 ml a los que se añadió 2 ml de solución alcohólica de resorcinol al 0'1 % y 6 ml de ácido clorhídrico concentrado que contenía cloruro férrico (0'75 mg/100 ml). Se calentó en baño de agua a 80°C, durante 8 min, y acto seguido se enfrió en baño de hielo, y se determinó la D.O. a 480 nm. Como patrón se utilizó una solución de fructosa de 50 ppm.

2.4.6. Acido ascórbico

El contenido en ácido ascórbico se determinó utilizando 2,6-diclorofenol-indofenol como reactivo, según la AOAC (1970). Se tomó un trozo de tejido de aproximadamente 5 g, (pesado exactamente), se troceó finamente y se maceró con un volumen de ácido oxálico al 2 %, prácticamente igual al peso del tejido. Este

macerado se pasó a un matraz aforado de 50 ml y se enrasó con ácido oxálico al 1 %. De este extracto, después de agitación y filtración, se tomó una alícuota de 20 ml que fue valorada con una solución de DPIP al 0'025 % hasta viraje a color rosa, mantenido durante 15 segundos. Se utilizó una solución patrón de ácido ascórbico, al 0'02 %, en ácido oxálico al 1 %.

2.4.7. Acidos fenólicos

Extracción

Se tomó 8 g de peridermo procedente de tubérculos que habían sido lavados previamente, y se partió en trozos pequeños. Se añadió aire líquido y se trituró hasta tener un polvo fino. Este polvo se mezcló con 50 ml de alcohol etílico absoluto y se mantuvo, durante 30 min a 0°C para extraer los ácidos fenólicos. A continuación se colocó en un agitador magnético para completar la extracción y, acto seguido, se filtró en buchner a través de papel whatman nº 3. El residuo se lavó varias veces con alcohol absoluto y se repitió la extracción manteniendo la segunda vez el extracto a 0°C, durante 15 min solamente. Al final se reunieron todos los líquidos de extracción y se enrasó a 200 ml con alcohol absoluto.

Determinación de ácidos fenólicos

Se determinó el contenido en ácidos fenólicos (clorogénico y cafeico), según el método descrito por Comé (1971). Del extracto alcohólico se tomó una alícuota, de la que se hizo una dilución 3:17 con alcohol etílico absoluto.

Acido clorogénico.— A 10 ml del extracto diluido se añadió 1 ml de etanolamina y se leyó la D.O. a 390 nm. La concentración de ácido clorogénico, se determinó mediante una curva patrón con soluciones alcohólicas de ácido clorogénico de 3, 6, 9, 12 y 15 $\mu\text{g/ml}$.

Acido cafeico.— El método consistió en determinar la D.O. del extracto diluido a 328 nm, con objeto de obtener el contenido total en ácidos fenólicos y obtener el contenido en ácido cafeico de éste, substrayendo el contenido en ácido clorogénico. El procedimiento seguido se detalla a continuación:

- a - Se realizó una curva patrón de ácido clorogénico a 328 nm, utilizando soluciones alcohólicas de 3, 6, 9, 12 y 15 $\mu\text{g/ml}$.
- b - Se realizó una curva patrón de ácido cafeico a 328 nm, utilizando soluciones alcohólicas de ácido cafeico de 3, 6, 9, 12 y 15 $\mu\text{g/ml}$.
- c - Se leyó a 328 nm la D.O. del extracto diluido.

- d - Con la curva patrón obtenida para el ácido clorogénico (medida a 328 nm), se determinó la D.O. correspondiente al contenido en ácido clorogénico que se determinó en el punto anterior (medida a 390 nm).
- e - De la D.O. obtenida en el apartado c, se restó la correspondiente al ácido clorogénico deducida en el apartado d, y a partir de los datos del apartado b, se determinó el contenido en ácido cafeico.

2.4.8. Conductividad

Se midió la conductividad eléctrica con un conductímetro comercial (METROHM HERISAU, E-382), al que se adaptó un electrodo formado por dos puntas de acero en un soporte de metacrilato (Fig. 13). El electrodo se calibró utilizando soluciones de CLK 0'1 N y 0'01 N, siendo la constante del electrodo de $0'79_5 \text{ cm}^{-1}$.

La conductividad se midió, inmediatamente después de pinchar el electrodo en el tubérculo, y durante los 3 minutos siguientes se hicieron lecturas cada minuto. Las medidas se hicieron en la corona y en el talón de los tubérculos eligiendo, para esta experiencia, tubérculos de forma y tamaño similares.

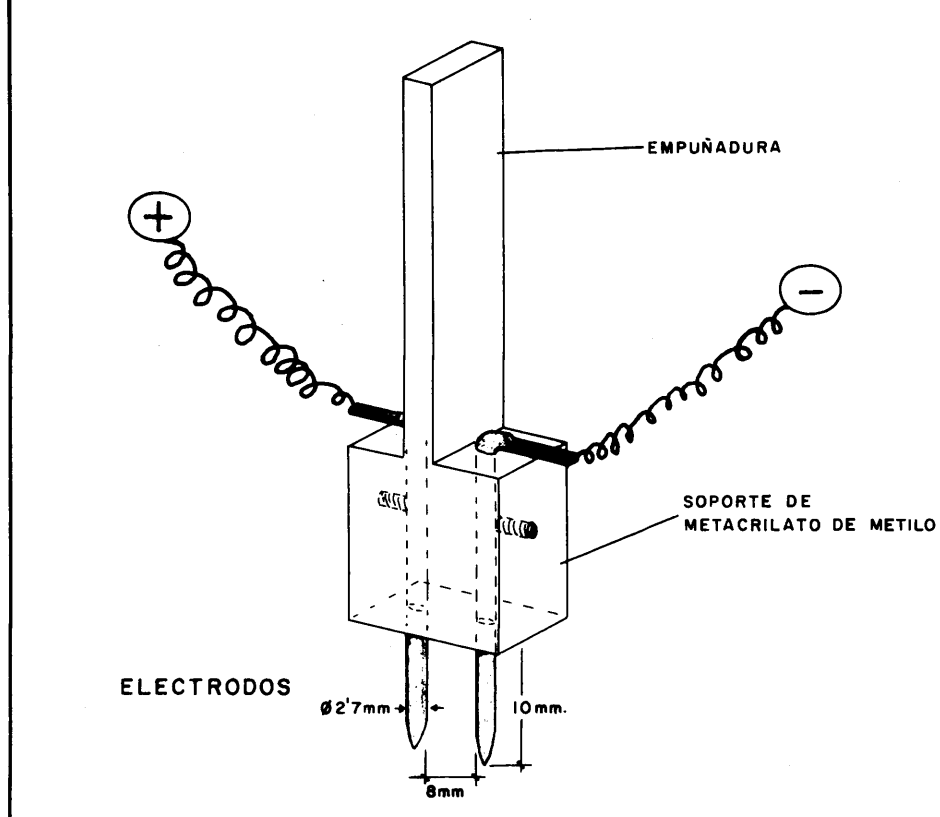


Fig. 13.—Esquema del electrodo utilizado para medir la conductividad eléctrica en los tubérculos.

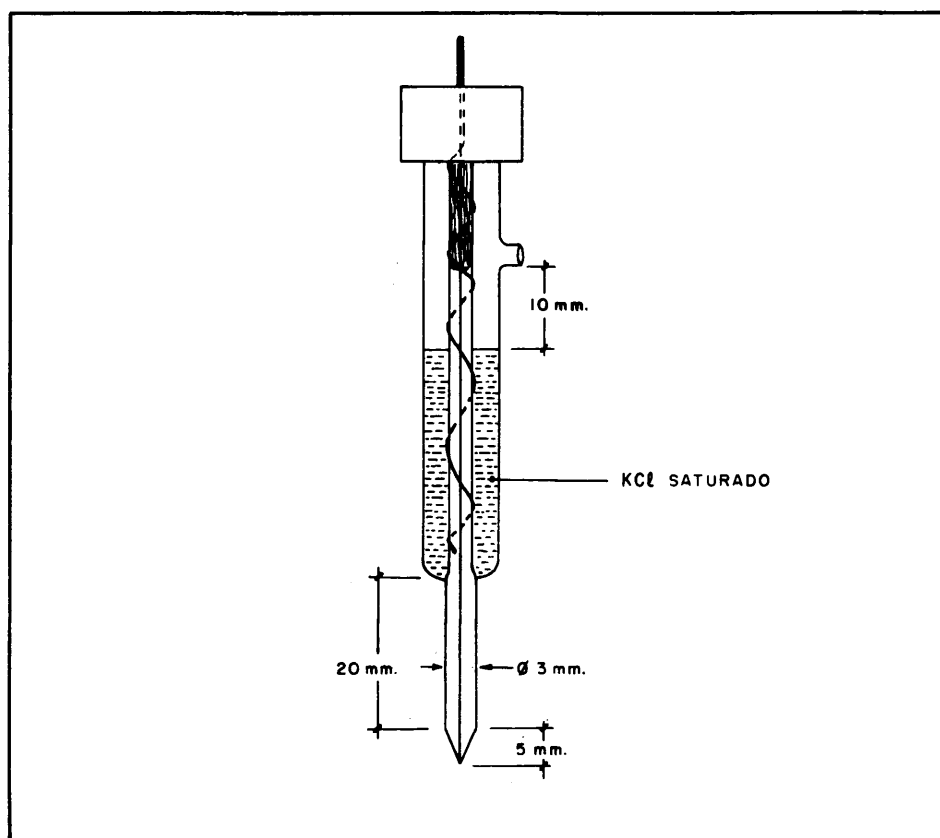


Fig. 14.—Esquema del electrodo utilizado para medir el pH en los tubérculos.

2.4.9. pH

El pH de los tubérculos se midió con un peachímetro CRISON y se utilizó un electrodo de vidrio-calomel, especialmente diseñado para tejidos (INGOLD 406-M3), con una capacidad de penetración máxima de 25 mm y mínima de 5 mm (Fig. 14). Se realizaron determinaciones en la corona y en el talón de los tubérculos.

2.4.10. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales

Mensualmente se llevó un control de infecciones en los tubérculos durante los seis meses que duró la experiencia, observándose también el aspecto de los tubérculos.

2.4.11. Peridermo de heridas

Se observó, periódicamente, durante el almacenamiento, la formación del "peridermo de heridas" en los tubérculos de los distintos tratamientos. Para ello, se cortaron los tubérculos por la mitad perpendicularmente al eje, y se almacenaron durante 8 días en atmósfera de alta humedad (80 % HR) y a temperatura ambiente (18-20°C). Pasado este tiempo, se observó la formación y consistencia del peridermo, así como su aspecto y textura.

2.5. EVALUACION DE PARAMETROS EN TEJIDOS DE PARENQUIMA AMILIFERO DE PATATA CULTIVADOS "IN VITRO"

2.5.1. Epocas de realización

Con objeto de evaluar el crecimiento de los tejidos procedentes de tubérculos de los distintos tratamientos, se realizaron dos series de determinaciones analíticas, siendo la primera en el momento de la siembra y, la otra, al final del periodo de cultivo.

2.5.2. Proliferación celular

Se observaron, semanalmente, los cultivos durante todo el periodo de crecimiento, anotando la formación de protuberancias en los fragmentos de parénquima.

2.5.3. Variación de peso

2.5.3.1. Peso fresco

El incremento en peso fresco se dedujo restando del peso fresco obtenido al final del crecimiento, el peso fresco inicial que tenía el fragmento calibrado en el momento de la siembra.

2.5.3.2. Peso seco

El peso seco inicial se determinó con fragmentos de parénquima calibrados, idénticos a los que se sembraron y el peso seco final se determinó con los tejidos cultivados al final del periodo de crecimiento.

2.5.3.3. Peso seco corregido

Al estudiar el incremento en peso seco en los tejidos al final del periodo de crecimiento, no se puede distinguir la parte que corresponde a los constituyentes celulares activos, y la correspondiente a los productos de reserva o de excreción (cuyo contenido puede variar a lo largo del cultivo). Así, para llegar a un conocimiento más completo, debe determinarse el contenido en materia viva que se denomina peso seco corregido.

Para determinar el peso seco corregido se siguió el método descrito por Gautheret (1959).

Primeramente se estabilizó el tejido, para ello se tomó una parte de tejido de parénquima, finamente dividido, y se puso con 5 partes de alcohol etílico al 95 %, a reflujo lento durante 30 minutos. De esta forma se insolubilizan los protéi-

dos y se destruyen los enzimas. Antes de extraer los productos de reserva, se hidrolizó el almidón y, finalmente, se extrajeron las reservas y productos de desecho poniendo la pulpa con agua destilada (5 partes de agua por 1 de tejido), en baño maría durante 1 h y, acto seguido, se filtró a vacío. Se repitió dos veces la extracción y se secó el tejido en estufa a 100°C hasta pesada constante.

2.5.4. Actividad respiratoria

Para determinar el oxígeno consumido por los fragmentos de parénquima, se siguió el método descrito en el punto 2.4.4.1, tomando discos de 10 mm de diámetro y 1 mm de espesor, de la parte interior de los tejidos.

2.5.5. Acido ascórbico

Se siguió el mismo método que en el punto 2.4.6, tomándose un fragmento calibrado de parénquima.

2.5.6. Conductividad

Se hizo de forma análoga a la realizada en tubérculos (véase el punto 2.4.8.), realizándose también la medida en el medio nutritivo.

2.5.7. pH

Se midió el pH en condiciones similares a las detalladas en el punto 2.4.9., realizándose también la medida en el medio nutritivo.

2.5.8. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales

Se llevó, semanalmente, una evolución de los tejidos infectados, durante todo el periodo de crecimiento, observándose también si se formaba clorofila u otros pigmentos.

3. RESULTADOS

3. RESULTADOS

3.1. TUBERCULOS DE PATATA

3.1.1. Brotación

En las Tablas VII, VIII, IX, X y XI se expresan los resultados correspondientes al porcentaje de brotación de los tubérculos testigo, tratados con IPC, e irradiados en Noviembre con 3 Krad y en Enero con 3 y 6 Krad. El lote irradiado en Noviembre con 6 Krad no brotó durante el tiempo de observación y, sin embargo, sí que lo hizo el irradiado en Enero a la misma dosis. Los lotes irradiados en Noviembre o en Enero con 9 ó 12 Krad, no experimentaron brotación apreciable durante los seis meses que duró el almacenamiento. En las citadas tablas se expresa el número de brotes por tubérculo brotado y la longitud total de los brotes de un tubérculo.

Con objeto de poder comparar con el testigo, el efecto de los distintos tratamientos sobre la brotación, se ha determinado también el coeficiente de actividad vegetativa relativo (CAVR), que indica la relación existente entre la longitud total de los brotes de cada lote tratado, con respecto a la de los testigos. Los resultados, que se expresan en tanto por ciento, se resumen en la

Tabla XII y se representan gráficamente en la Fig. 15.

En la Tabla XIII se comparan los valores finales de brotación de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados en Noviembre y en Enero, y en las Figs. 16, 17 y 18 se representa la evolución de la brotación, del número y de la longitud total de los brotes, para los tubérculos de cada tratamiento, a lo largo del tiempo que duró la experiencia.

TABLA VII

Evolución mensual de la brotación de los tubérculos testigo. Observaciones rea-

lizadas sobre 30 tubérculos desde Noviembre hasta Mayo

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Observaciones	Noviembre Enero	MESES TRANSCURRIDOS DESDE LA IRRADIACION DE									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
- Brotación (%)		0	0	6'7	70	86'7	96'7	100			
- Brotes por tubérculo brotado		-	-	1	1'5	2	2'2	2'5			
v.m.		-	-	0	69	76	63	62			
c.v. (%)		-	-								
- Longitud total de los brotes de un tubérculo		-	-	1'3	2'8	6'5	19'7	34'2			
v.m. (cm)		-	-	19	73	77	63	76			
c.v. (%)		-	-	6'7	105	173'4	212'7	250			
- Número total de brotes referido a 100		-	-	8'7	196	563'6	1905	3420			
- Longitud total de los brotes referida a 100 (cm)		-	-								

TABLA VIII

Evolución mensual de la brotación de los tubérculos tratados en Noviembre con IPC.

Observaciones realizadas sobre 30 tubérculos

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Observaciones	MESES TRANSCURRIDOS DESDE EL TRATAMIENTO						
	0	1	2	3	4	5	6
- Brotación (%)	0	0	0	0	3'3	13'3	13'3
- Brotes por tubérculo brotado	-	-	-	-	1	1	1
v.m.	-	-	-	-	0	0	0
c.v. (%)	-	-	-	-	-	-	-
- Longitud total de los brotes de un tubérculo	-	-	-	-	1	1	1
v.m. (cm)	-	-	-	-	0	0	0
c.v. (%)	-	-	-	-	-	-	-
- Número total de brotes referido a 100	-	-	-	-	3'3	13'3	13'3
- Longitud total de los brotes referida a 100 (cm)	-	-	-	-	3'3	13'3	13'3
- Coeficiente de actividad vegetativa referido a la longitud total de los brotes testigo (%)	-	-	-	-	0'6	0'7	0'4

TABLA IX

Evolución mensual de la brotación de los tubérculos irradiados en Noviembre con dosis de 3 Krad. Observaciones realizadas sobre 30 tubérculos
v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad.

Observaciones	MESES TRANSCURRIDOS DESDE LA IRRADIACION DE NOVIEMBRE					
	0	1	2	3	4	5
- Brotación (%)	0	0	0	0	13'3	50
- Brotes por tubérculo brotado						
v.m.	-	-	-	-	1'7	3'1
c.v. (%)	-	-	-	-	30	63'9
- Longitud total de los brotes de un tubérculo						
v.m. (cm)	-	-	-	-	3'8	5'7
c.v. (%)	-	-	-	-	40	88
- Número total de brotes referido a 100	-	-	-	-	22'6	155
- Longitud total de los brotes referida a 100 (cm)	-	-	-	-	50'5	285
- Coeficiente de actividad vegetativa referido a la longitud total de los brotes testigo (%)	-	-	-	-	9	15
						46'9

TABLA X

Evolución mensual de la brotación de los tubérculos irradiados en Enero con dosis de

3 Krad. Observaciones realizadas sobre 30 tubérculos

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Observaciones	MESES TRANSCURRIDOS DESDE LA IRRADIACION DE ENERO				
	0	1	2	3	4
- Brotación (%)	0	6'7	33'3	83'3	100
- Brotes por tubérculo brotado					
v.m.	-	1	1'2	2'2	4'6
c.v. (%)	-	0	31'9	58'7	49
- Longitud total de los brotes de un tubérculo					
v.m. (cm)	-	1	1'6	5'0	20'3
c.v. (%)	-	0	46'9	83'3	55'5
- Número total de brotes referido a 100					
v.m.	-	6'7	40	183'3	460
- Longitud total de los brotes referida a 100 (cm)					
v.m.	-	6'7	53'3	416'5	2030
- Coeficiente de actividad vegetativa referido a la longitud total de los brotes testigo (%)	-	3'4	9'5	21'9	59'4

TABLA XI

Evolución mensual de la brotación de los tubérculos irradiados en Enero con dosis de

6 Krad. Observaciones realizadas sobre 30 tubérculos

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Observaciones	MESES TRANSCURRIDOS DESDE LA IRRADIACION DE ENERO				
	0	1	2	3	4
- Brotación (%)	0	0	13'3	20'0	33'3
- Brotes por tubérculo brotado					
v.m.	-	-	1	1	3'3
c.v. (%)	-	-	0	0	50
- Longitud total de los brotes de un tubérculo					
v.m. (cm)	-	-	1	1'7	6'9
c.v. (%)	-	-	0	43	71
- Número total de brotes referido a 100	-	-	13'3	20'0	109'9
- Longitud total de los brotes referida a 100 (cm)	-	-	13'3	34'0	229'8
- Coeficiente de actividad vegetativa referido a la longitud total de los brotes testigo (%)	-	-	2'4	1'8	6'7

TABLA XII

Evolución mensual del coeficiente de actividad vegetativa relativo
de los tubérculos. Los valores se expresan en %

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde:		I	0	1	2	3	4	5	6
Tratamientos	II				0	1	2	3	4
TESTIGO			-	-	100	100	100	100	100
IPC			-	-	-	-	0'6	0'7	0'4
3 Krad	I		-	-	-	-	9	15	46'9
	II		-	-	-	3'4	9'5	21'9	59'4
6 Krad	I		-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	2'4	1'8	6'7
9 Krad	I		-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	-	-	-
12 Krad	I		-	-	-	-	-	-	-
	II		-	-	-	-	-	-	-

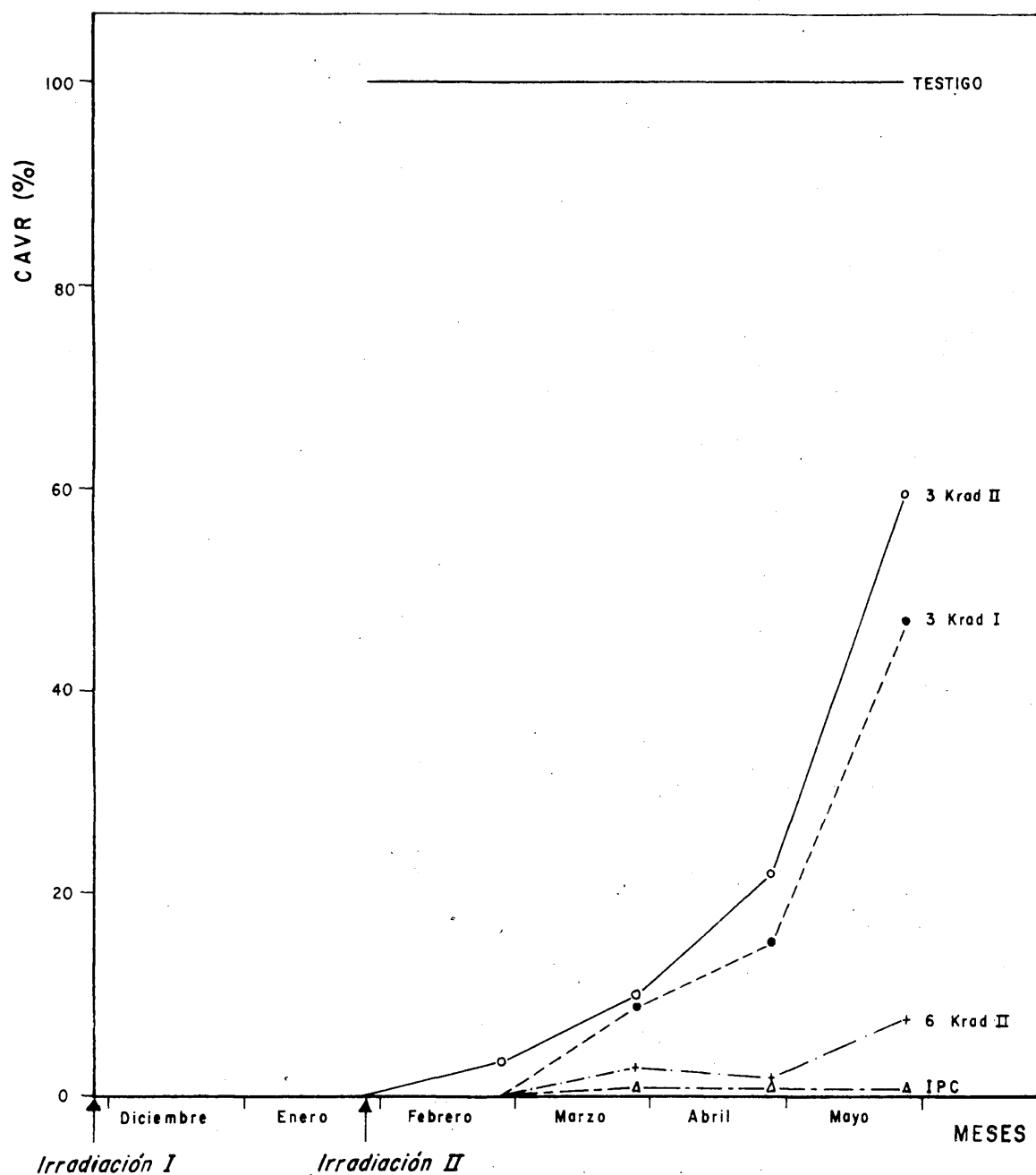


Fig. 15.—Variación en función del tiempo de los coeficientes de actividad vegetativa relativos al testigo (CAVR), de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XIII

Comparación de los valores finales de brotación de los tubérculos

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Observaciones	TESTIGO	IPC	3 Krad		6 Krad		9 Krad		12 Krad	
			I	II	I	II	I	II	I	II
- Brotación (%)	100	13'3	73'3	100	0	33'3	0	0	0	0
- Brotes por tubérculo	2'5	1	6'7	4'6	-	3'3	-	-	-	-
- Longitud de los brotes por tubérculo brotado (cm)	34'2	1	21'9	20'3	-	6'9	-	-	-	-
- Longitud media de un brote (cm)	13'7	1	3'3	4'4	-	2'1	-	-	-	-
- Actividad vegetativa referida al testigo (%)	100	0'4	46'9	59'4	-	6'7	-	-	-	-

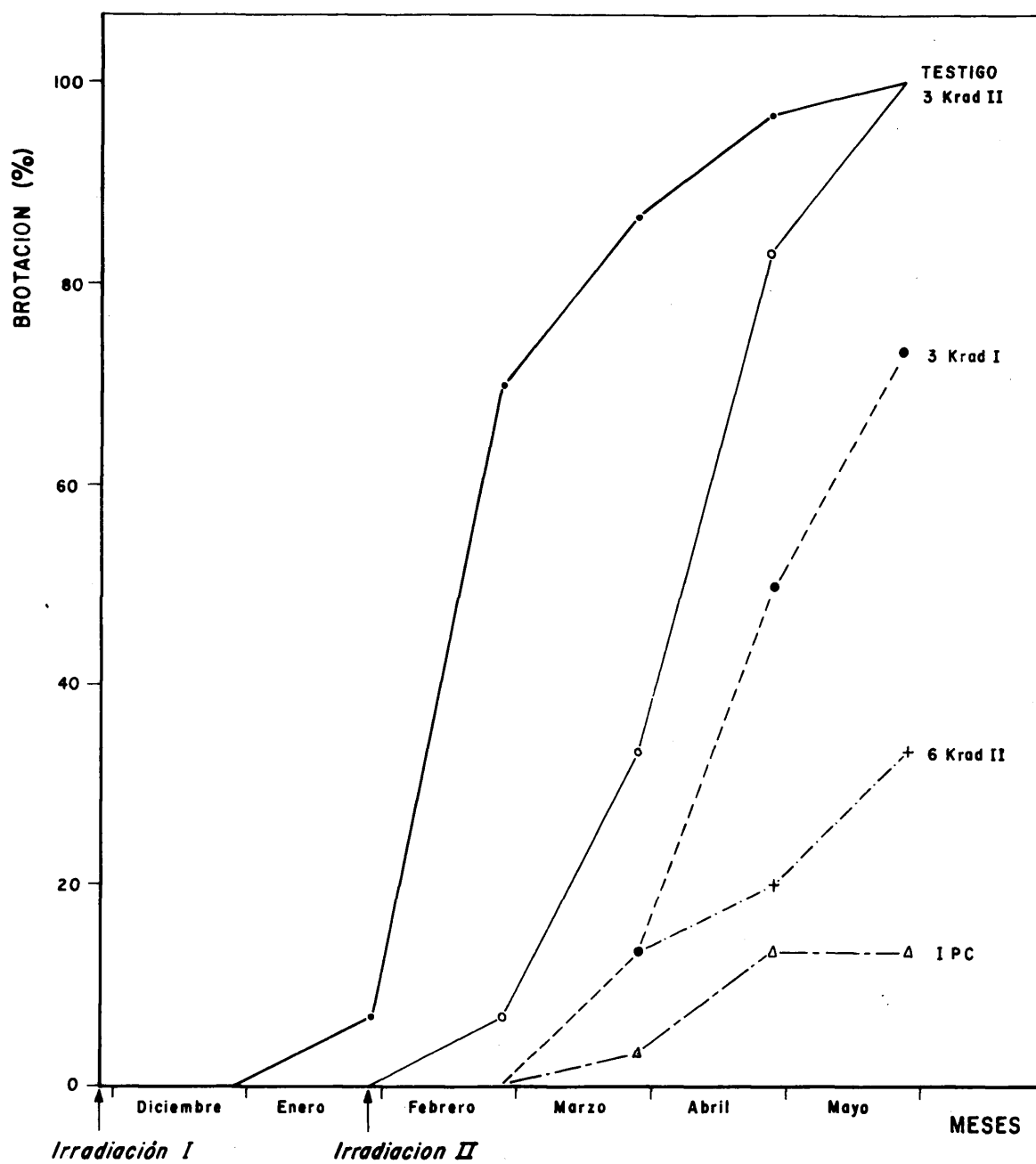


Fig. 16.—Brotación de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados, a lo largo del tiempo de almacenamiento. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

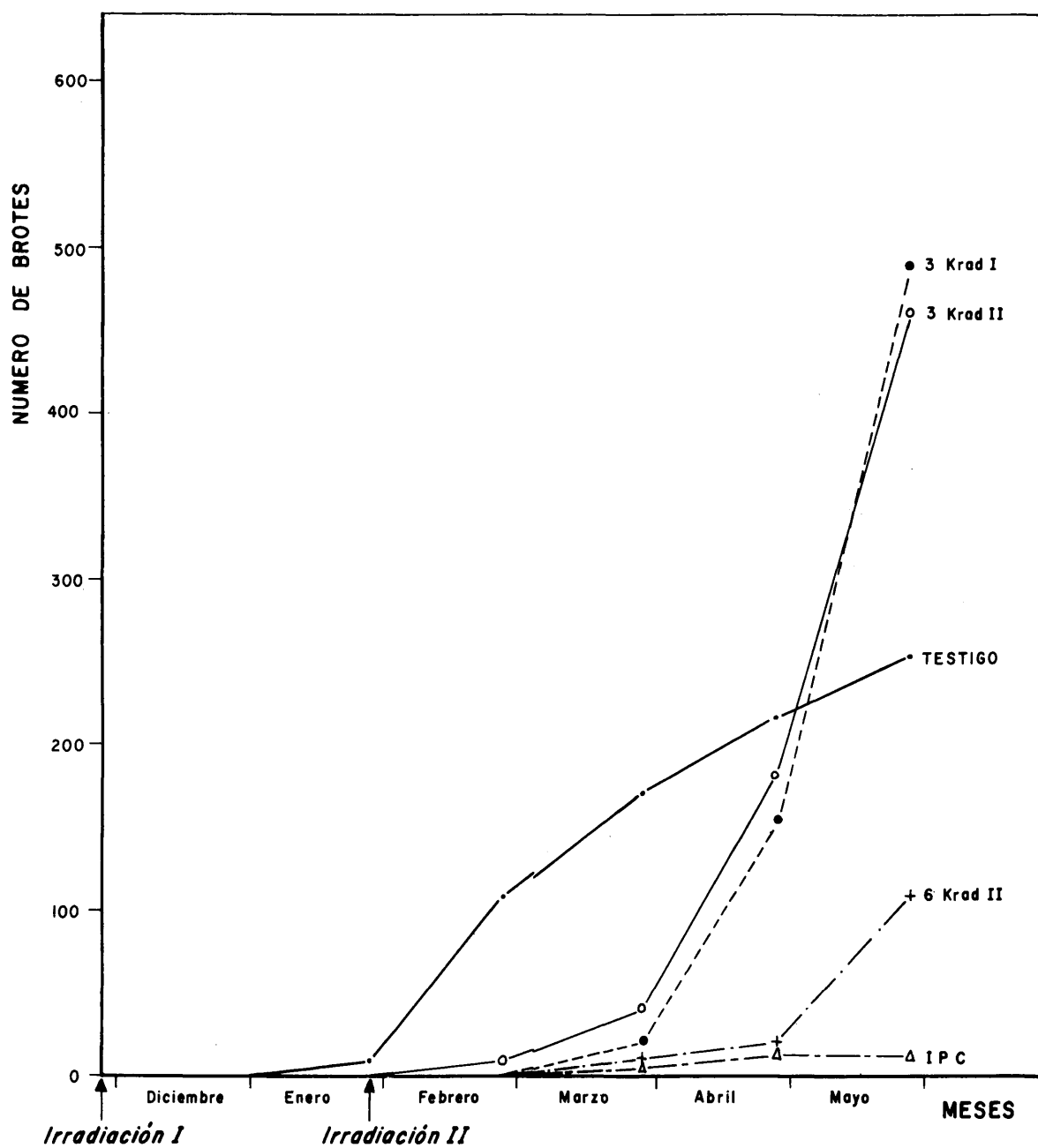


Fig. 17.—Evolución del número total de brotes referido a 100 tubérculos, en función del tiempo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

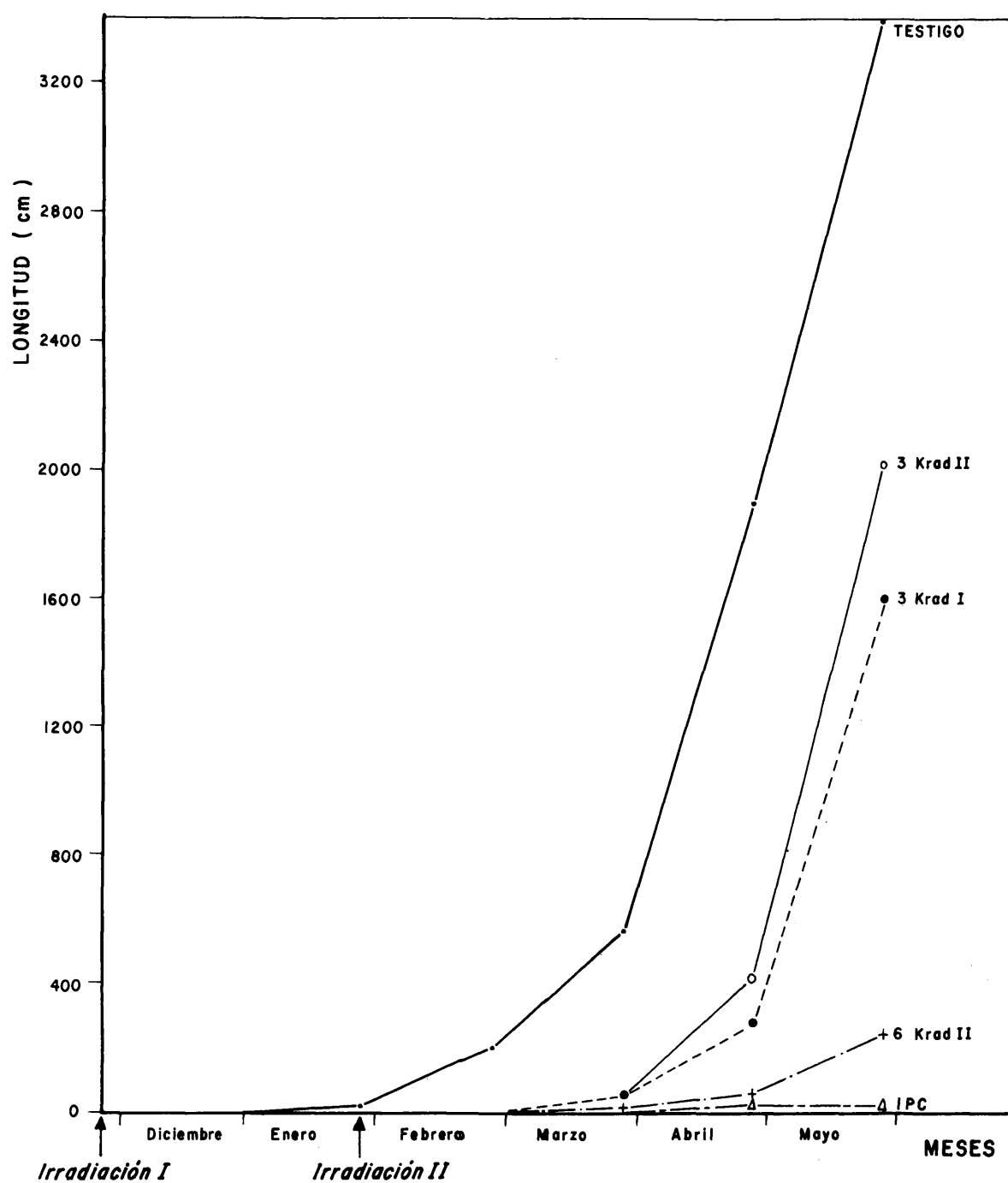


Fig. 18.—Evolución de la longitud total de los brotes referida a 100 tubérculos, en función del tiempo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

3.1.2. Variación de peso

3.1.2.1. Peso fresco

En la Tabla XIV se refleja la pérdida de peso respecto al peso inicial, debida a la actividad fisiológica de los tubérculos de cada tratamiento, a lo largo de los seis meses de almacenamiento. Los resultados correspondientes a los tubérculos irradiados en Noviembre y a los tratados con IPC, se representan en la Fig. 19, y en la Fig. 20 se representan los resultados de los tubérculos irradiados en Enero.

La pérdida de peso comercial de los tubérculos en Marzo y en Mayo considerando como pérdida, además de la fisiológica, el peso de los brotes, se refleja en la Tabla XV y en la Fig. 21 se representa la variación de peso de los tubérculos al final del periodo de almacenamiento (mes de Mayo).

3.1.2.2. Contenido en humedad

Los resultados sobre el contenido en humedad de los tubérculos de cada tratamiento, en tres épocas del periodo de almacenamiento, se expresan en la Tabla XVI. En la Fig. 22 se representa la variación de peso de los tubérculos en el mes de Marzo.

Evolución mensual de la pérdida de peso respecto al peso inicial. Los valores se expresan en %. Observaciones realizadas sobre 30 tubérculos. I: Irradiación en Noviembre;

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: Tratamientos	I		II		1		2		3		4		5		6	
	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo	3'1	37'3	5	37'3	7'6	37'5	10'8	34'3	15'1	30'3	19'1	26'1				
IPC	2'3	7'1	3'5	7'7	5'2	7'9	7'2	8'7	10	3	11'8	6'8				
3 Krad	1'9	12'2	3	12'5	4'6	12'3	6'4	12'1	8'8	11	11'8	12'4				
	-	-	-	-	6'8	5'1	8'9	8'4	11'8	13'5	15'5	15'9				
6 Krad	2'6	16'7	4'1	17'2	6'2	15'8	8'4	15'8	10'9	14'1	12'6	13'8				
	-	-	-	-	7	6'2	9'1	9'3	11'7	12'7	14'1	15'9				
9 Krad	2'3	11'7	3'5	12	5'3	12'5	7'3	11'9	9'5	13	10'8	10'3				
	-	-	-	-	6'8	3'3	8'5	5'7	10'7	7'4	12'5	8'4				
12 Krad	2'1	22'6	3'2	23'3	4'9	23	6'6	23'4	8'6	24	10	23'8				
	-	-	-	-	6'6	2'1	8'3	3'3	10'1	4'6	11'6	5'1				

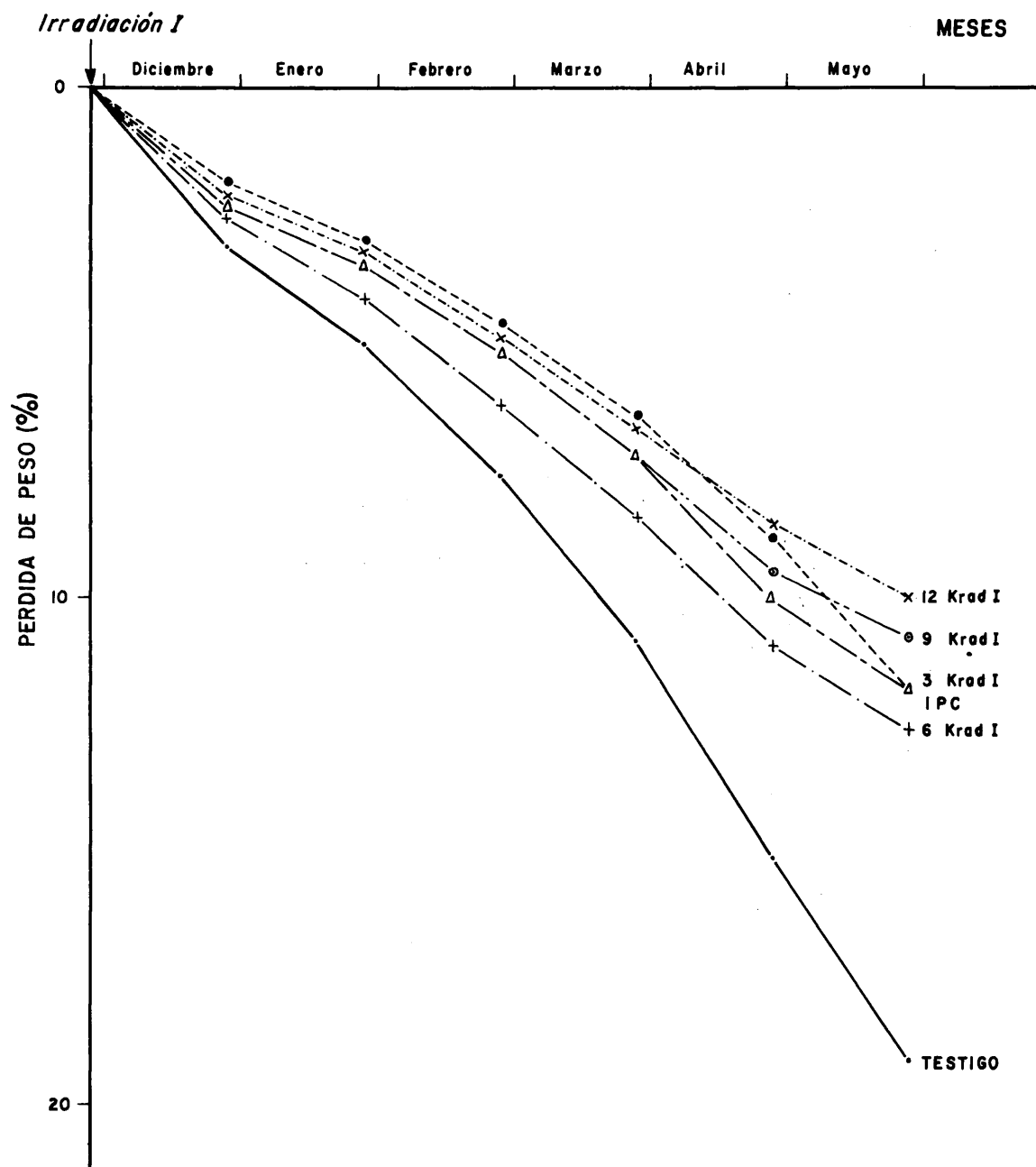


Fig. 19.—Pérdida de peso, a lo largo del tiempo de almacenamiento, de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados en Noviembre. I: irradiación de Noviembre.

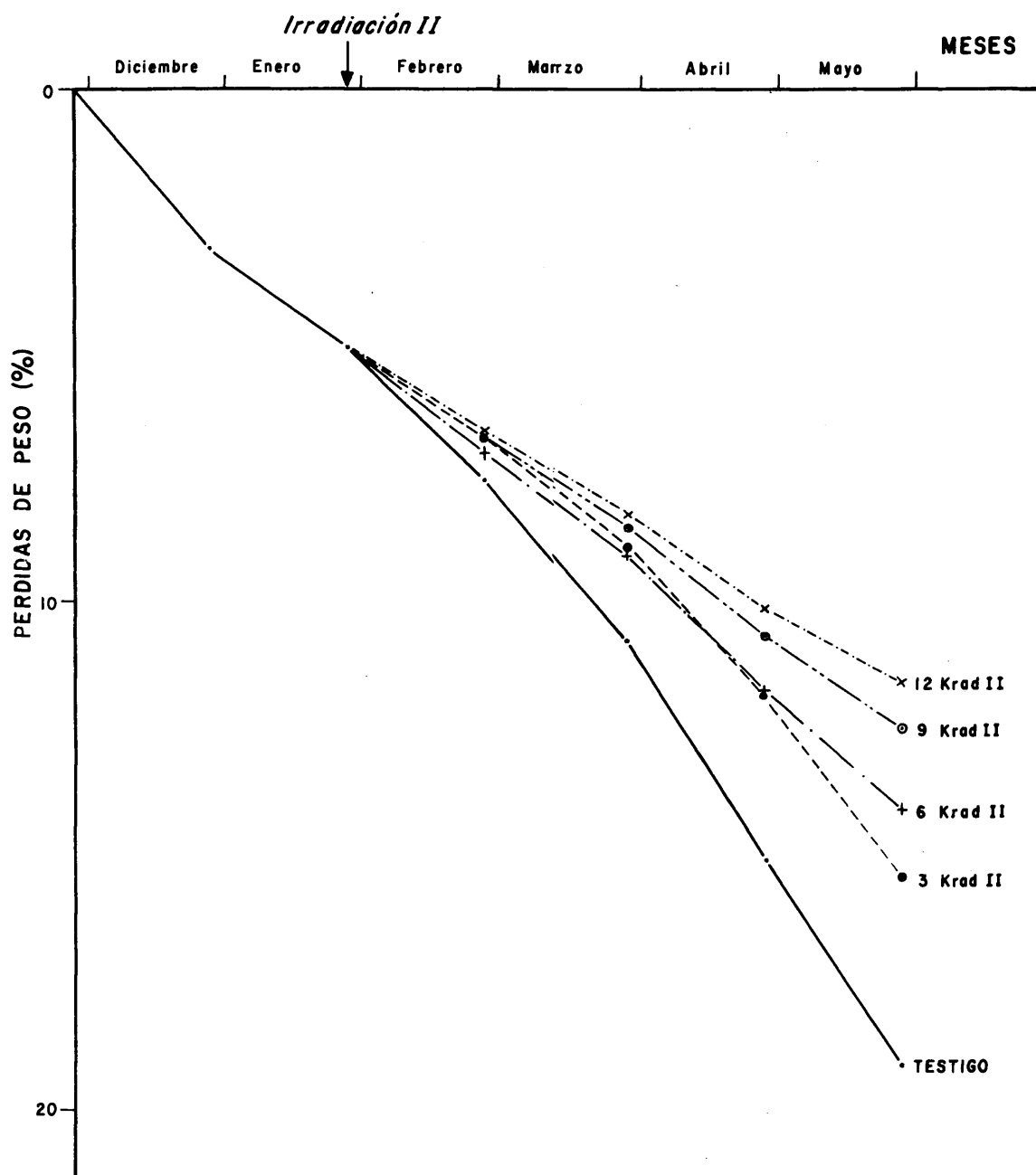


Fig. 20.—Pérdida de peso, a lo largo del tiempo de almacenamiento, de los tubérculos testigo e irradiados: en Enero. II: irradiación de Enero.

TABLA XV

Pérdida de peso comercial de los tubérculos en los meses de Marzo y Mayo. Los valores se expresan en % respecto al peso inicial. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

P.F. = pérdida fisiológica; P.B. = pérdida por brotación;

P.C. = pérdida comercial

Meses transcurridos desde: I		4			6		
Tratamientos	II	2			4		
		P.F.	P.B.	P.C.	P.F.	P.B.	P.C.
Testigo		10'8	10'4	21'2	19'1	15'3	34'4
IPC		7'2	0'1	7'3	11'8	-	11'8
3 Krad	I	6'4	0'9	7'3	11'8	7'2	19
	II	8'9	1	9'9	15'5	9'1	24'6
6 Krad	I	8'4	-	8'4	12'6	-	12'6
	II	9'1	0'3	9'4	14'1	1	15'1
9 Krad	I	7'3	-	7'3	10'8	-	10'8
	II	8'5	-	8'5	12'5	-	12'5
12 Krad	I	6'6	-	6'6	10	-	10
	II	8'3	-	8'3	11'6	-	11'6

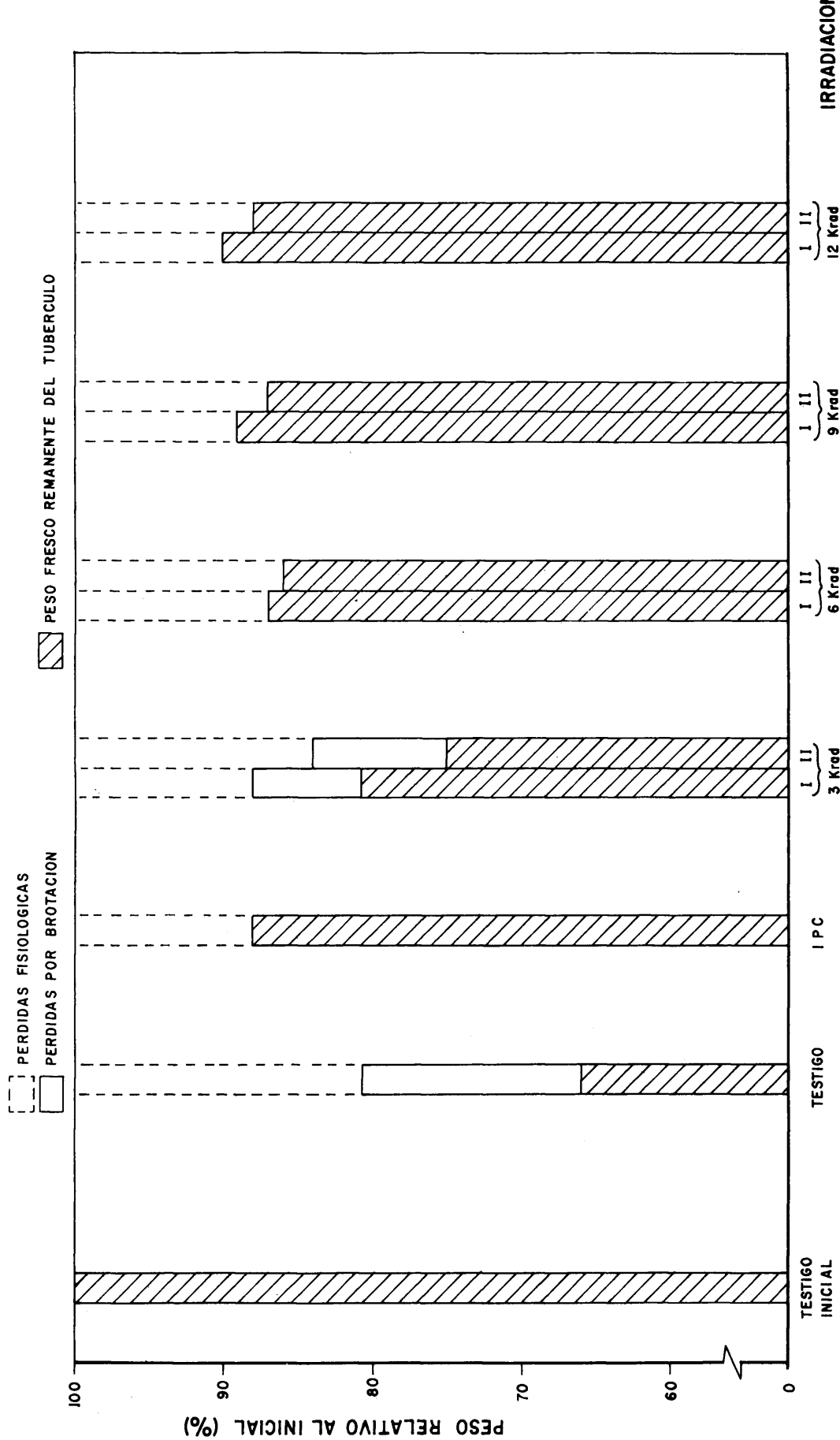


Fig. 21.—Variación del peso de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. Observaciones realizadas en el mes de Mayo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XVI

Variación del contenido en humedad de los tubérculos en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en %. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: I II		0		2 0		4 2	
Tratamientos		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		81'4	1'1	81'6	4'1	80'9	2'1
IPC		-	-	81'3	3'3	82'2	4'4
3 Krad	I	-	-	82'3	2'5	81'7	1'5
	II	-	-	-	-	81'9	3'1
6 Krad	I	-	-	82'2	4'8	82'3	2'7
	II	-	-	-	-	80'5	1'4
9 Krad	I	-	-	81'3	3'7	83'5	2'6
	II	-	-	-	-	82'5	4'1
12 Krad	I	-	-	81'4	1'5	81'7	2'5
	II	-	-	-	-	82'6	1'9

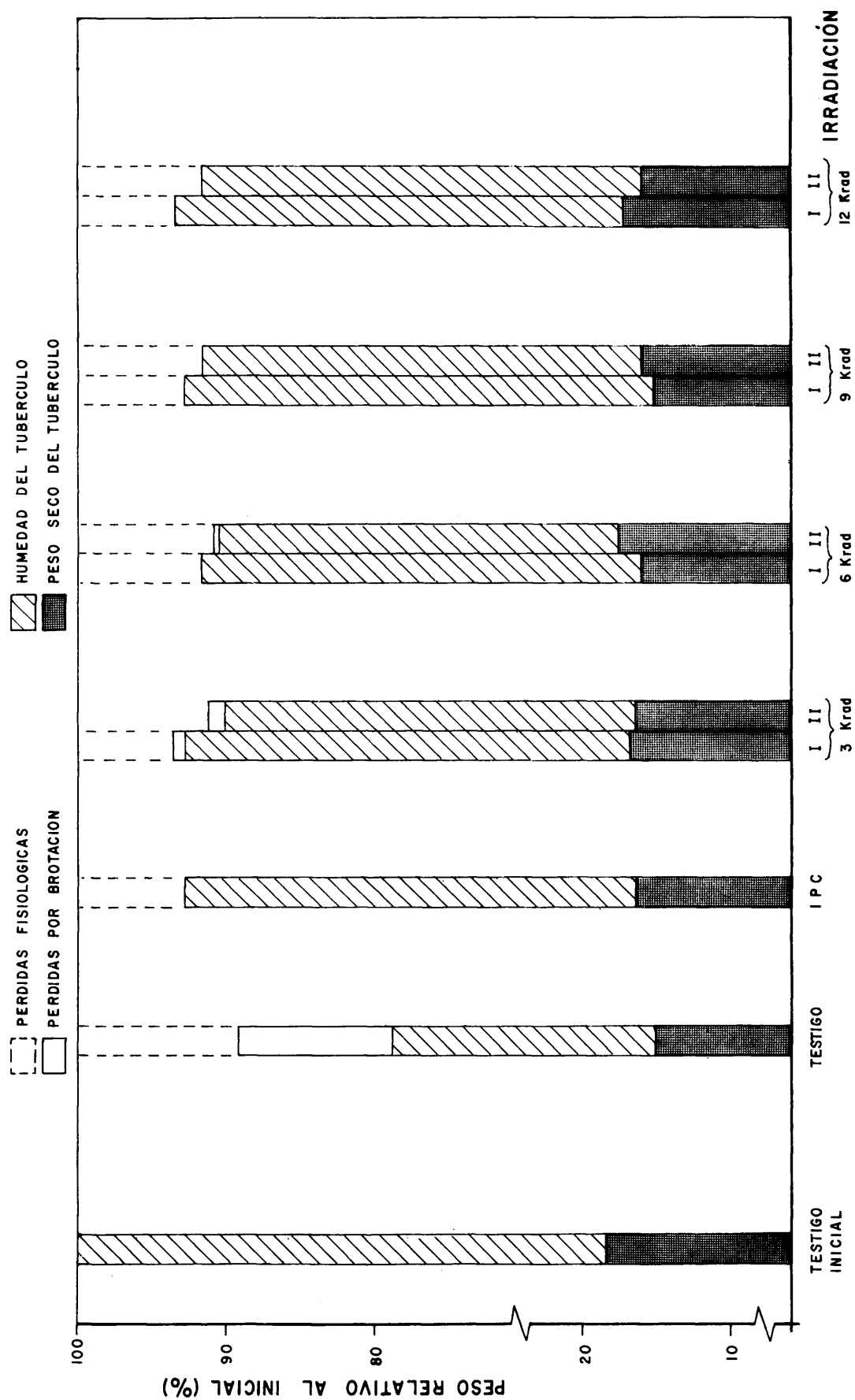


Fig. 22.—Variación del peso de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. Observaciones realizadas en el mes de Marzo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

3.1.3. Actividad respiratoria

3.1.3.1. Respiración del parénquima

Los resultados obtenidos sobre el consumo de oxígeno en cortes de parénquima tomados de los tubérculos de cada tratamiento, se expresan en la Tabla XVII y se representan en la Fig. 23. En la Tabla XVIII se detallan estos valores en tanto por ciento respecto al testigo y se representan en la Figura 24.

3.1.3.2. Determinaciones enzimáticas de la fracción mitocondrial

Succinicodehidrogenasa

En la Tabla XIX se muestran los resultados obtenidos sobre la variación de la actividad de la succinicodehidrogenasa, en tres épocas del periodo de almacenamiento de los tubérculos, y en las Figs. 25 y 26 se representan estos valores en micromoles de ácido succínico oxidado por min. y por mg de proteína y en % respecto al testigo. Los resultados son el valor medio de seis repeticiones realizadas de un extracto único.

NADH-deshidrogenasa

Los resultados obtenidos sobre la variación de la actividad de la NADH-deshidrogenasa, en tres épocas del periodo de almacenamiento de los tubérculos, se reflejan en la Tabla XX y en las Figs. 27 y 28 se representan gráficamente estos valores en micromoles de NADH oxidado por min. y por mg de proteína y en % respecto al testigo. Estos datos son el valor medio de cuatro repeticiones realizadas de un extracto único.

3.1.3.3. Actividad de la polifenoloxidasas

En la Tabla XXI se muestran los resultados correspondientes a la actividad de la polifenoloxidasas de los tubérculos de cada tratamiento, en tres épocas del periodo de almacenamiento y en la Fig. 29 se representan gráficamente. Estos datos son el valor medio de tres repeticiones realizadas de un extracto único. En la Fig. 30 se representan los valores de la actividad de la polifenoloxidasas expresados en % respecto al testigo, en el mes de Febrero.

TABLA XVII

Variación del consumo de oxígeno de cortes de parénquima de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en μ l de oxígeno consumido/mg de materia seca \cdot h. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: II		0'5		2'5		4'5	
		0'5		0'5		2'5	
Tratamientos		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		0'324	6'1	0'278	3'6	0'175	5'4
IPC		0'272	10'4	0'238	4'2	0'260	9'4
3 Krad	I	0'252	6'9	0'280	13'8	0'184	5'4
	II	-	-	0'271	8'2	0'199	8'6
6 Krad	I	0'299	19'2	0'353	16'0	0'244	13'6
	II	-	-	0'340	24'4	0'280	10'1
9 Krad	I	0'449	5'4	0'304	12'3	0'238	13'9
	II	-	-	0'312	11'1	0'167	8'4
12 Krad	I	0'431	11'1	0'335	12'7	0'259	10'2
	II	-	-	0'229	12'3	0'208	8'3

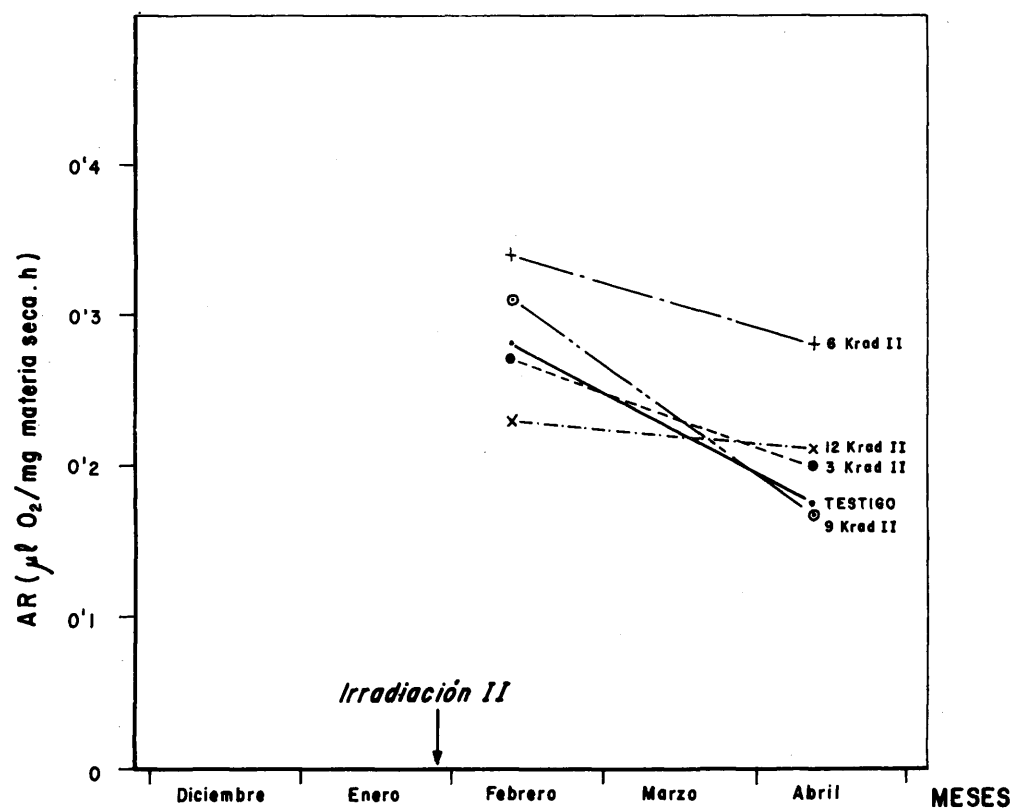
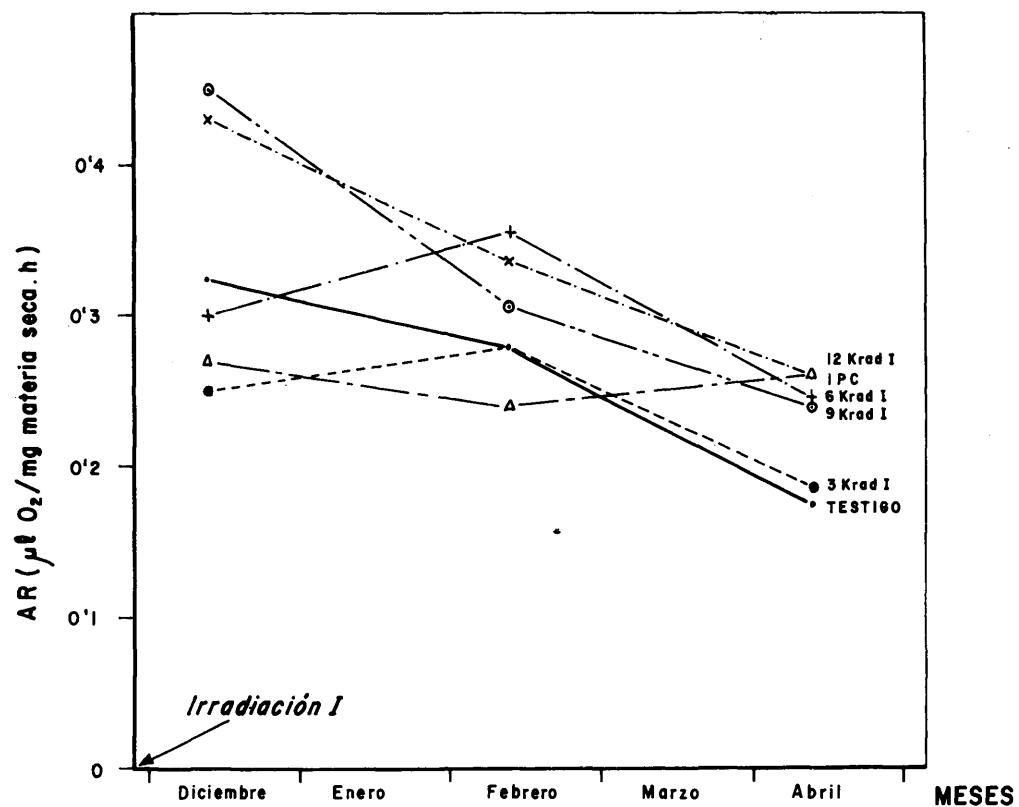


Fig. 23.—Variación en función del tiempo de la actividad respiratoria (AR) de cortes de parénquima de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XVIII

Variación del consumo de oxígeno de cortes de parénquima de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo
 I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses trans curridos desde: I II		0'5	2'5 0'5	4'5 2'5
Trata mientos				
Testigo		100	100	100
IPC		83'9	85'6	148'6
3 Krad	I	77'7	100'7	105'1
	II	-	97'5	113'7
6 Krad	I	92'3	127'0	139'4
	II	-	122'3	160'0
9 Krad	I	138'6	109'4	136'0
	II	-	112'2	95'4
12 Krad	I	133'0	120'5	148'0
	II	-	82'3	118'8

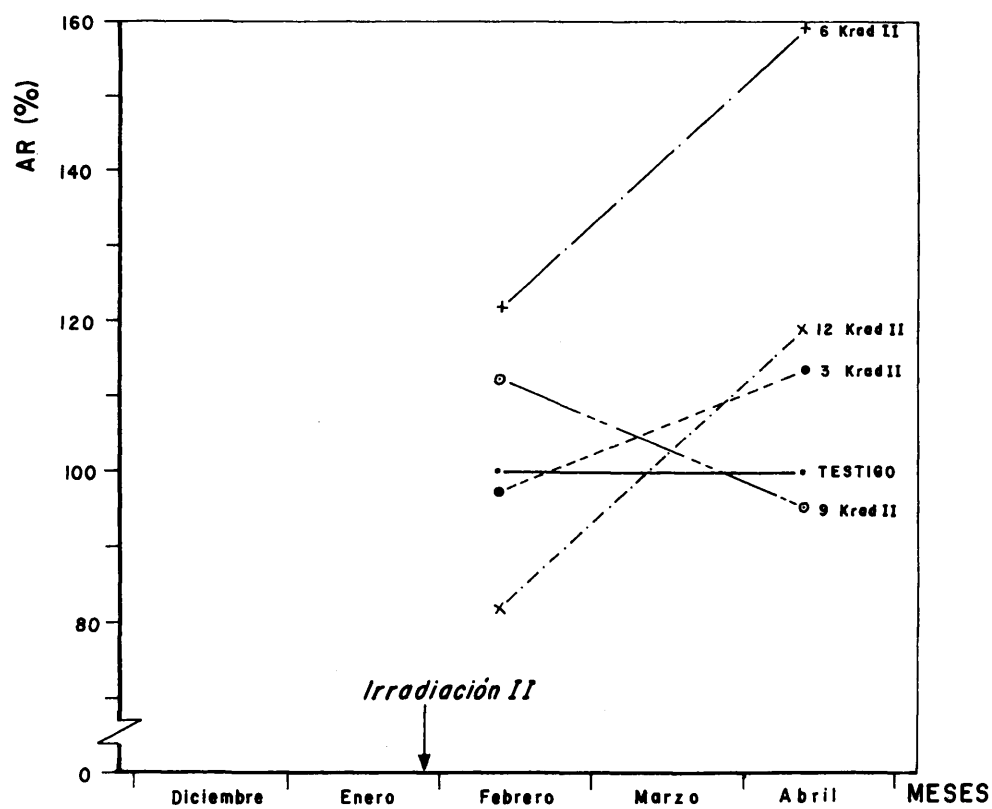
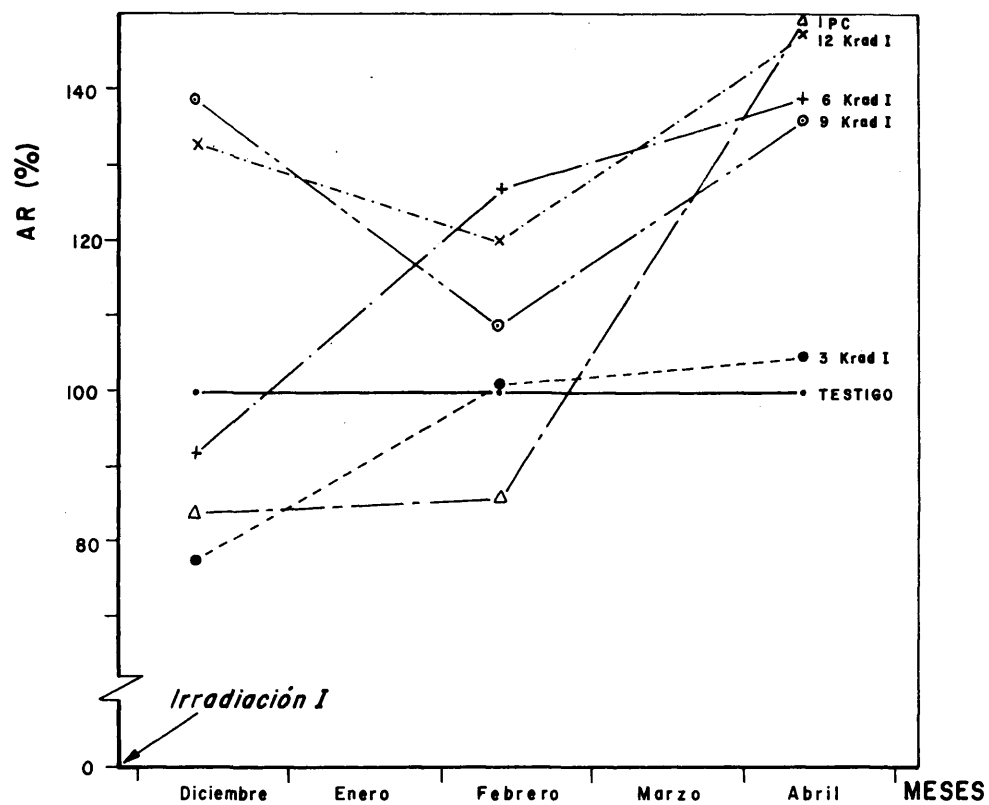


Fig. 24.—Variación en función del tiempo de la actividad respiratoria (AR) respecto al testigo, de cortes de parénquima de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XIX

Variación de la actividad de la succinico deshidrogenasa de los extractos mitocondriales de los tubérculos en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en: A (μ moles de ácido succínico oxidado/min . mg de proteína); B (% respecto al testigo)

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde: I Tratamientos		0'5		2'5 0'5		4'5 2'5	
		A	B	A	B	A	B
Testigo		0'008	100	0'0153	100	0'0157	100
IPC		0'0154	192'5	0'0286	186'9	0'0107	68'2
3 Krad	I	0'009	112'5	0'0160	104'6	0'0147	93'6
	II	-	-	0'0185	120'9	0'0126	80'3
6 Krad	I	0'010	125'0	0'0256	167'3	0'0095	60'5
	II	-	-	0'0189	123'5	0'0110	70'1
9 Krad	I	0'0125	156'3	0'0277	181'0	0'0090	57'3
	II	-	-	0'0251	164'1	0'0095	60'5
12 Krad	I	0'0123	153'8	0'0383	250'3	0'0120	76'4
	II	-	-	0'0376	245'8	0'0130	82'8

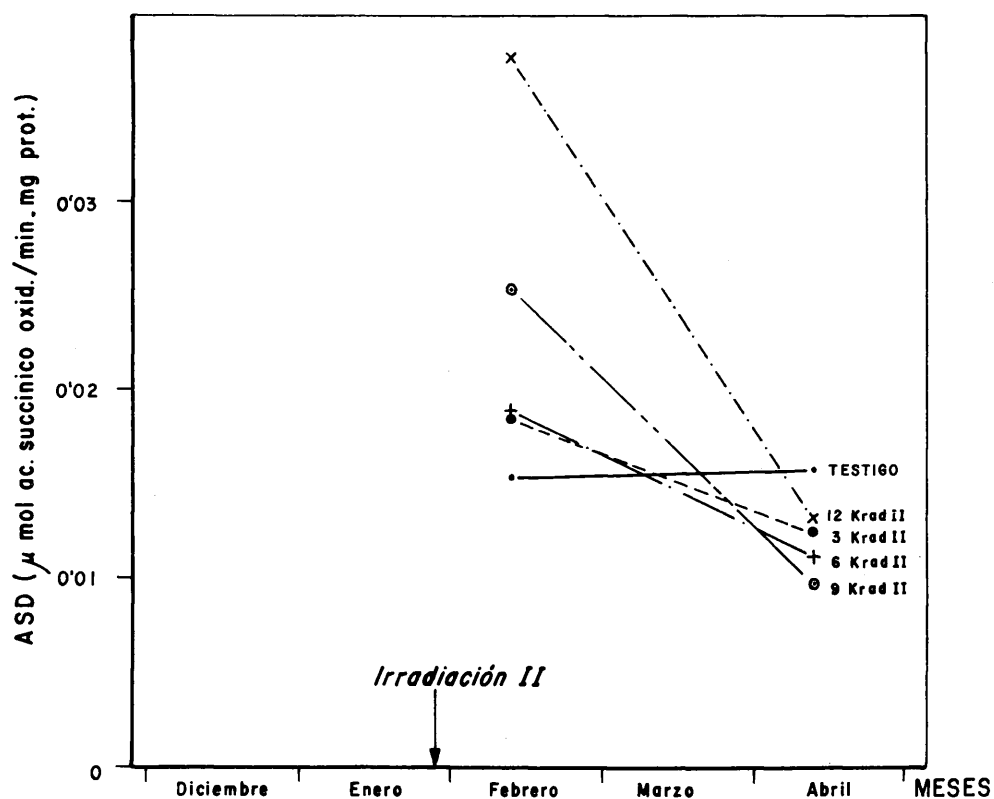
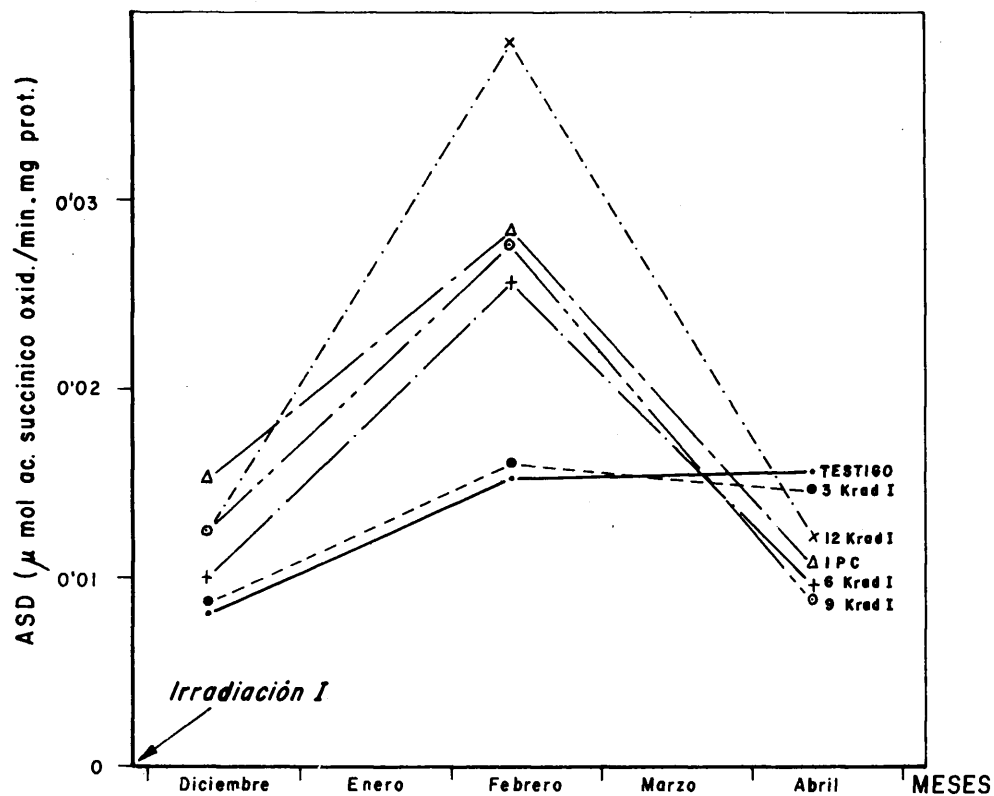


Fig. 25.—Variación en función del tiempo de la actividad de la succinodeshidrogenasa (ASD) de extractos mitocondriales de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

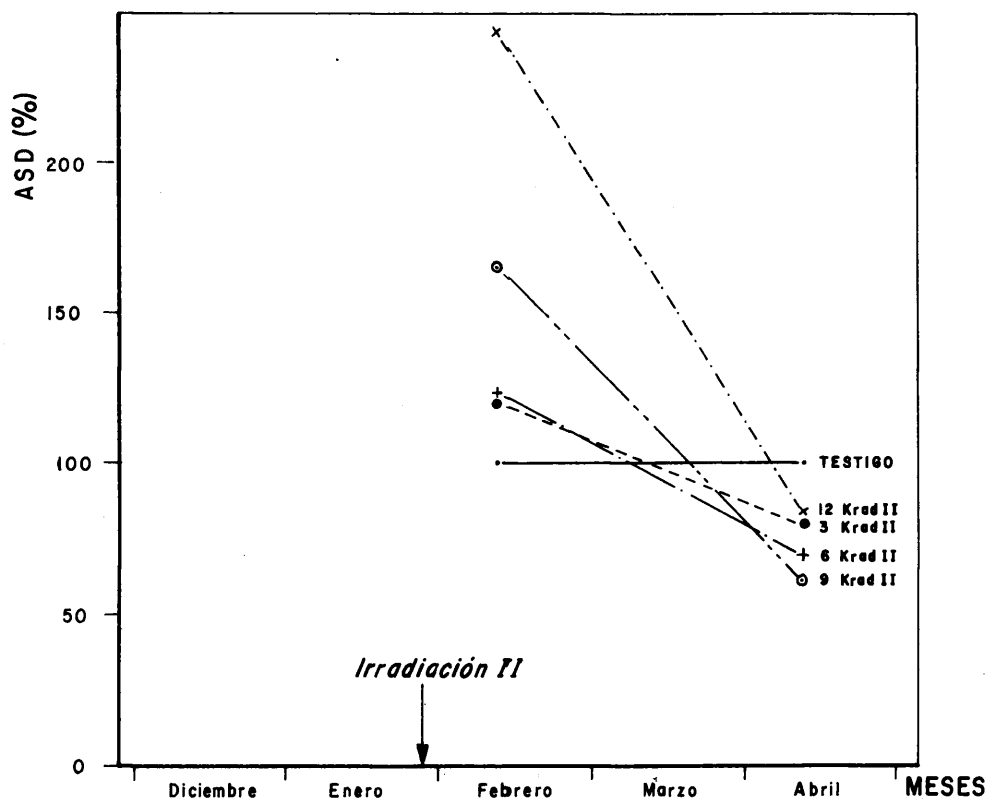
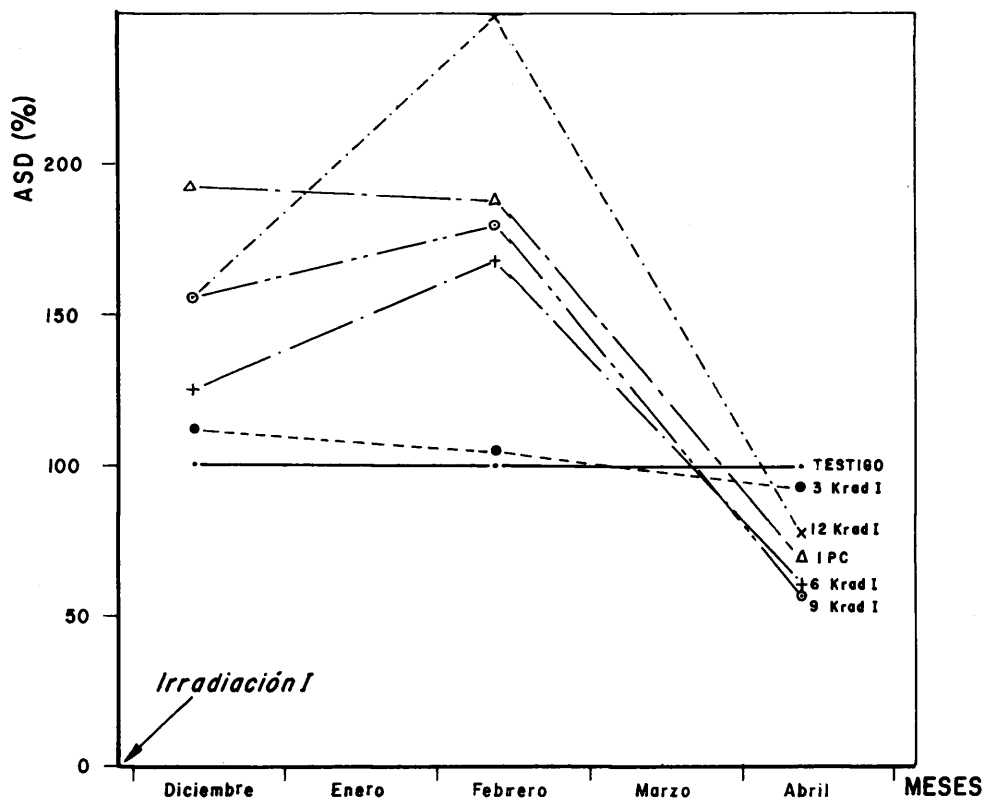


Fig. 26.—Variación en función del tiempo de la actividad de la succinicodehidrogenasa (ASD) respecto al testigo, de extractos mitocondriales de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XX

Variación de la actividad de la NADH-deshidrogenasa de los extractos mitocondriales de los tubérculos en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en: A (μ moles de NADH oxidado/min \cdot mg de proteína); B (% respecto al testigo)

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses trans curridos desde: I Trata mientos II		0'5		2'5 0'5		4'5 2'5	
		A	B	A	B	A	B
Testigo		0'0039	100	0'0023	100	0'0040	100
IPC		0'0017	43'6	0'0035	152'2	0'0037	92'5
3 Krad	I	0'0034	87'2	0'0019	82'6	0'0024	60
	II	-	-	0'0025	108'7	0'0019	47'5
6 Krad	I	0'0026	66'7	0'0041	178'3	0'0026	65
	II	-	-	0'0035	152'2	0'0028	70
9 Krad	I	0'0018	46'2	0'0033	143'5	0'0040	100
	II	-	-	0'0030	130'4	0'0045	112'5
12 Krad	I	0'0015	38'5	0'0041	178'3	0'0040	100
	II	-	-	0'0042	182'6	0'0037	92'5

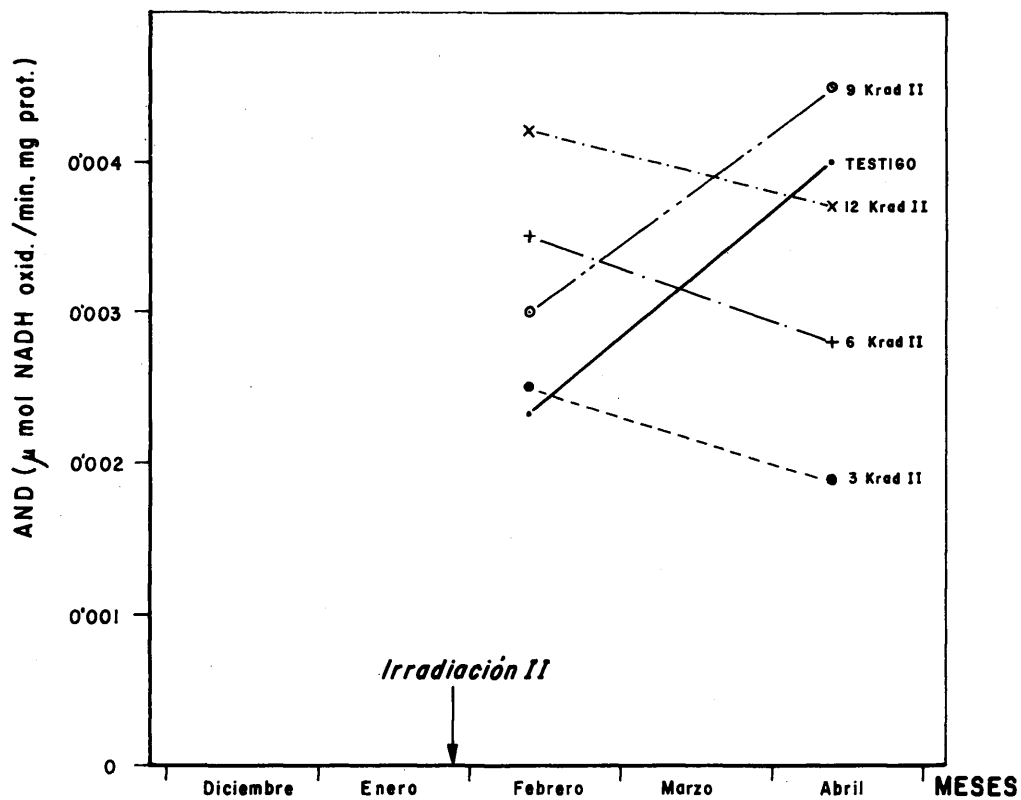
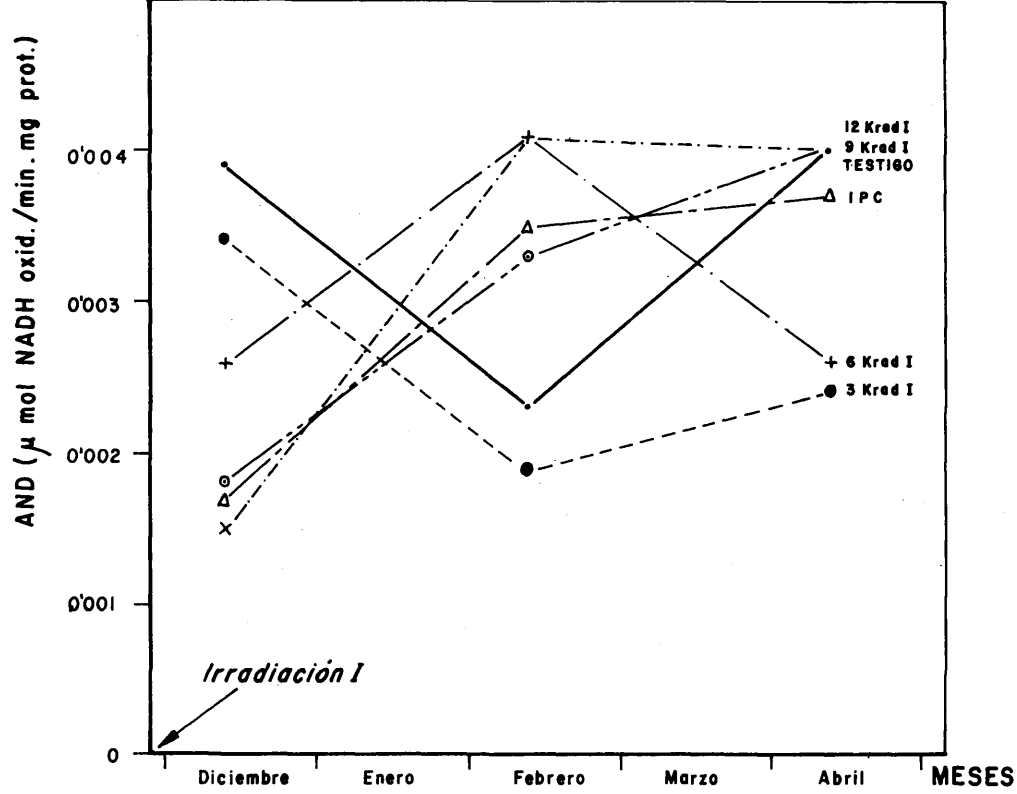


Fig. 27.—Variación en función del tiempo de la actividad de la NADH-deshidrogenasa (AND) de extractos mitocondriales de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

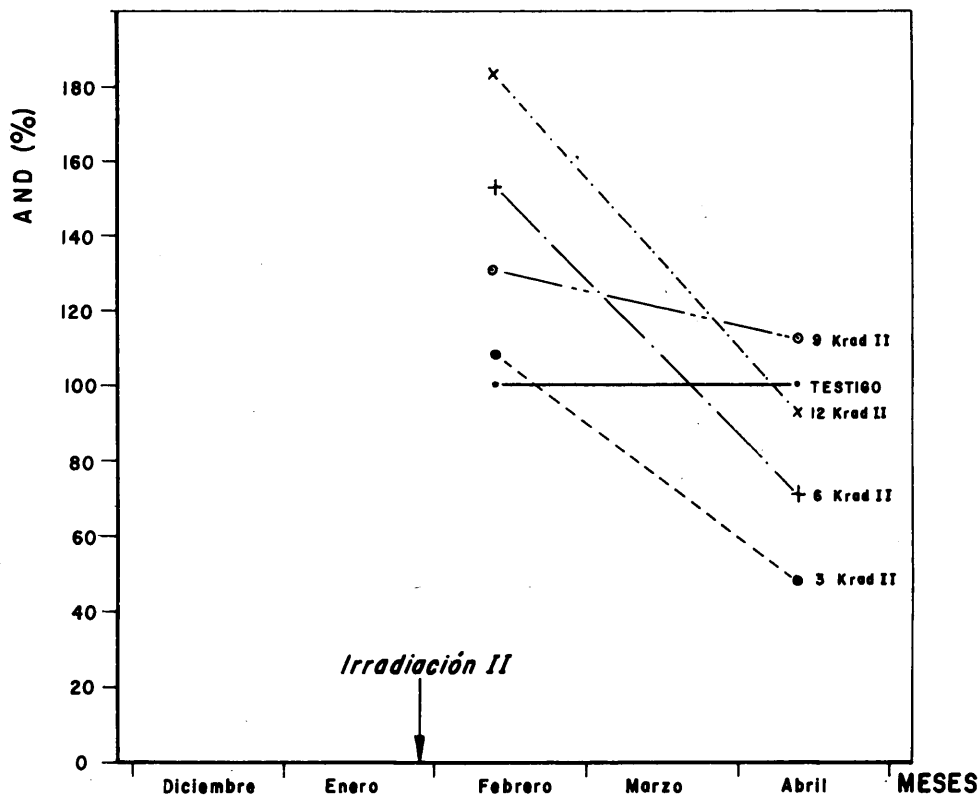
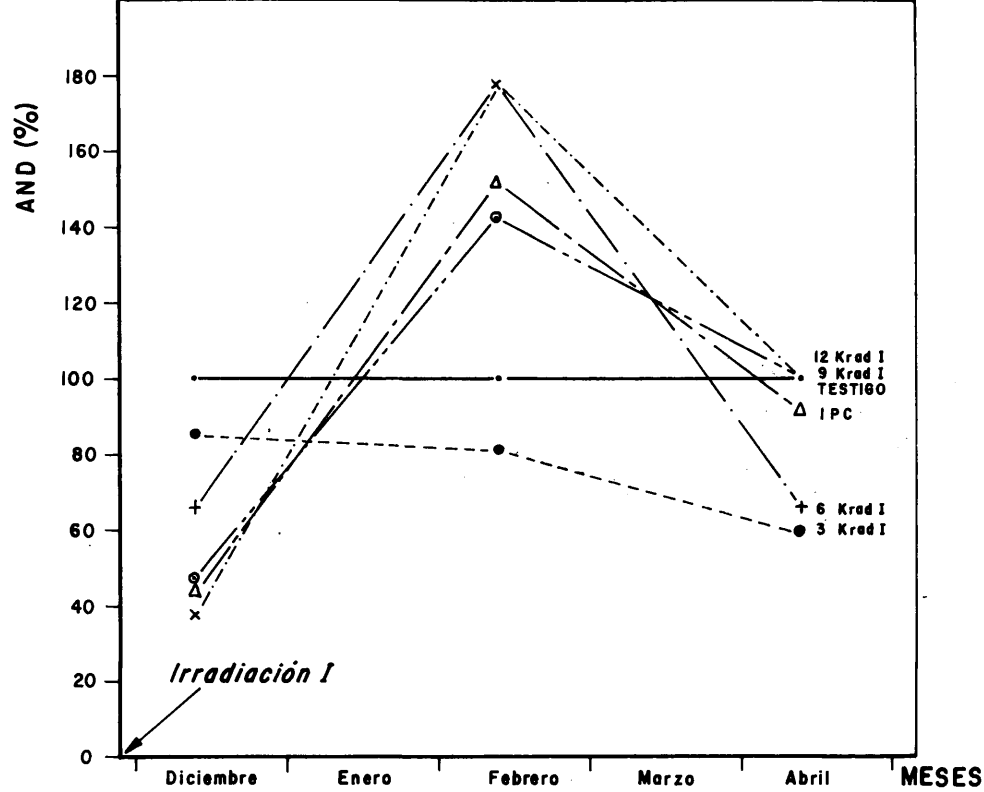


Fig. 28.—Variación en función del tiempo de la actividad de la NADH-deshidrogenasa (AND) respecto al testigo, de extractos mitocondriales de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXI

Variación de la actividad de la polifenoloxidasa del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del período de almacenamiento. Los valores se expresan en: A (unidades de enzima/ml); B (% respecto al testigo)

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde: I Tratamientos		1		3 1		5 3	
		A	B	A	B	A	B
Testigo		10'3	100	79'2	100	30'9	100
IPC		10'3	100	38'8	49'0	★	★
3 Krad	I	16'2	157'3	47'8	60'4	23'7	76'7
	II	-	-	63'5	80'18	★	★
6 Krad	I	30'0	291'3	48'5	61'2	26'8	86'7
	II	-	-	28'3	35'6	30'3	98'1
9 Krad	I	48'9	474'8	39'8	50'3	★	★
	II	-	-	40'7	51'4	★	★
12 Krad	I	29'9	290'3	57'0	72'0	★	★
	II	-	-	27'6	34'8	★	★

★ En esta época no quedaba material

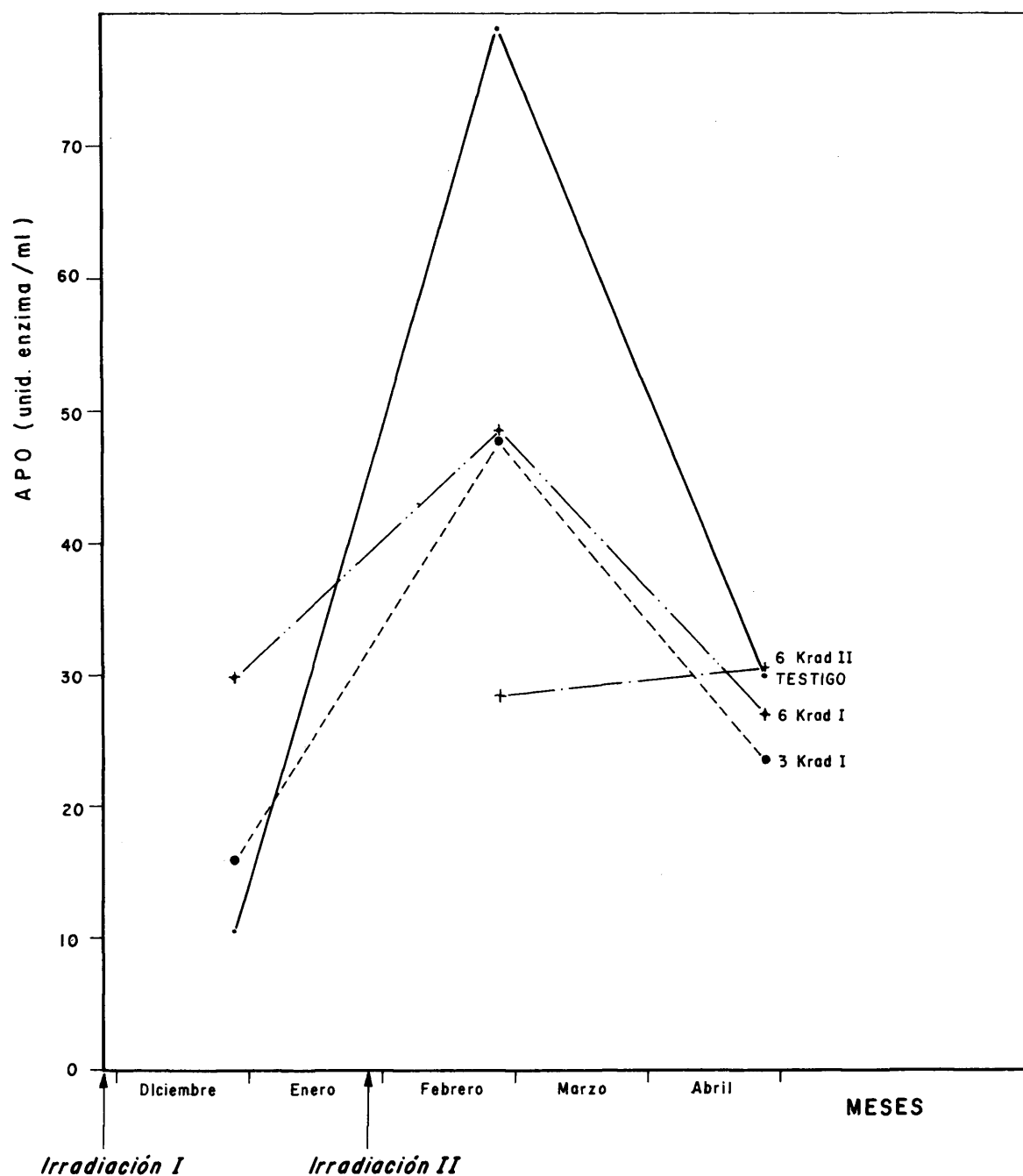


Fig. 29.—Variación en función del tiempo de la actividad de la polifenoloxi-
dasa (APO) del peridermo de los tubérculos testigo, tratados con IPC
e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

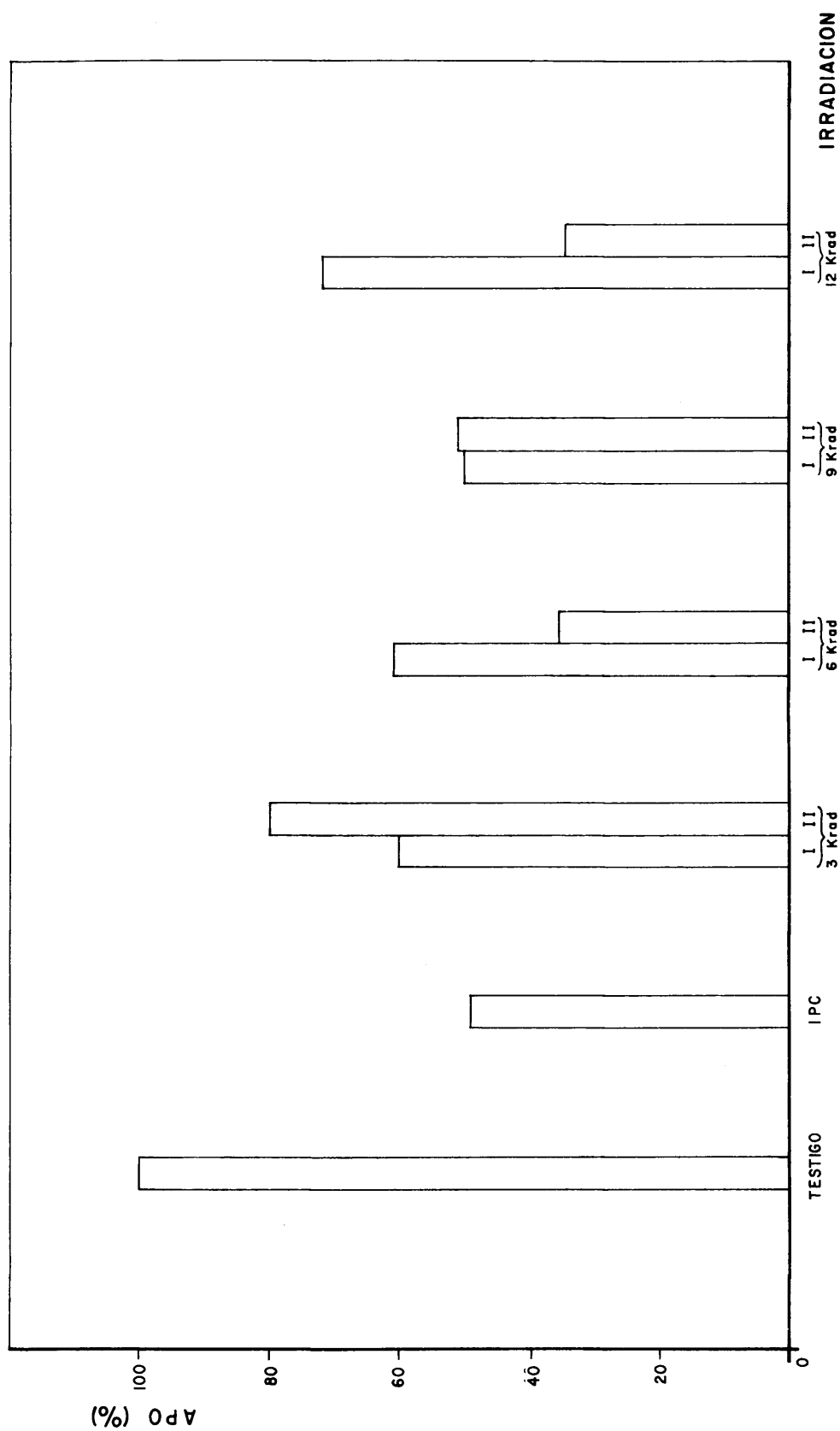


Fig. 30.—Variación de la actividad de la polifenoloxidasa (APO) respecto al testigo, del peridermo de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. Observaciones realizadas en el mes de Febrero. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

3.1.4. Azúcares solubles

La evolución del contenido en azúcares reductores y azúcares totales para los tubérculos de cada tratamiento, en tres épocas del periodo de almacenamiento, se detalla en las Tablas XXII y XXIII, y se representa en las Figs. 31 y 32. La evolución del contenido en fructosa total se refleja en la Tabla XXIV y la variación de glucosa, fructosa y sacarosa se expresa en la Tabla XXV.

El porcentaje de azúcares reductores frente a azúcares totales se refleja en la Tabla XXVI y se representa en la Fig. 33 y en la Fig. 34 se representan gráficamente estos valores, expresados en % respecto al testigo. En las Tablas XXVII y XXVIII se muestran los resultados de azúcares reductores y totales expresados en % respecto al testigo y en las Figs. 35 y 36 se representan gráficamente.

3.1.5. Acido ascórbico

Los resultados obtenidos sobre la variación del contenido en ácido ascórbico, para los tubérculos de cada tratamiento, se expresan en la Tabla XXIX y se representan en la Fig. 37. En la Tabla XXX se reflejan estos valores en % respecto al testigo y en la Fig. 38 se representan gráficamente.

3.1.6. Acidos fenólicos

En la Tabla XXXI se refleja la variación del contenido en ácido clorogénico de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento, y en la Tabla XXXII la variación correspondiente al contenido en ácido cafeico. Los resultados correspondientes al contenido en ácidos fenólicos totales se muestran en la Tabla XXXIII, y en las Figs. 39 y 40 se representan estos valores en microgramos por gramo de peridermo y en % respecto al testigo.

TABLA XXII

Variación del contenido en azúcares reductores de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.

Los valores se expresan en g/100 g de peso fresco

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: I II		1		3 1		5 3	
		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Tratamientos							
Testigo		0'354	33'3	0'611	6'1	0'186	14'4
IPC		0'260	12'7	0'253	11'9	0'550	16'6
3 Krad	I	0'352	29'8	0'139	6'8	0'199	18'5
	II	-	-	0'243	4'2	0'163	12'9
6 Krad	I	0'451	27'4	0'309	15'3	0'174	4'1
	II	-	-	0'406	12'9	0'160	12'3
9 Krad	I	0'402	32'1	0'207	3'6	0'230	17'6
	II	-	-	0'324	6'5	0'239	14'6
12 Krad	I	0'453	20'6	0'282	13'2	0'261	12'7
	II	-	-	0'446	1'9	0'245	14'2

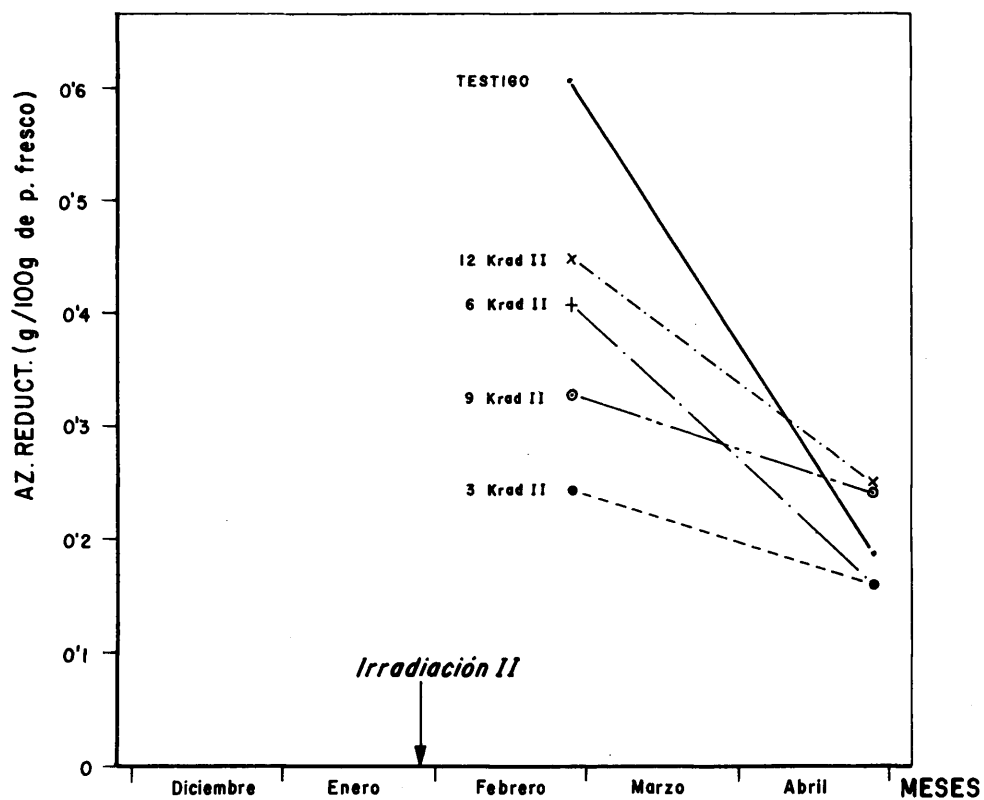
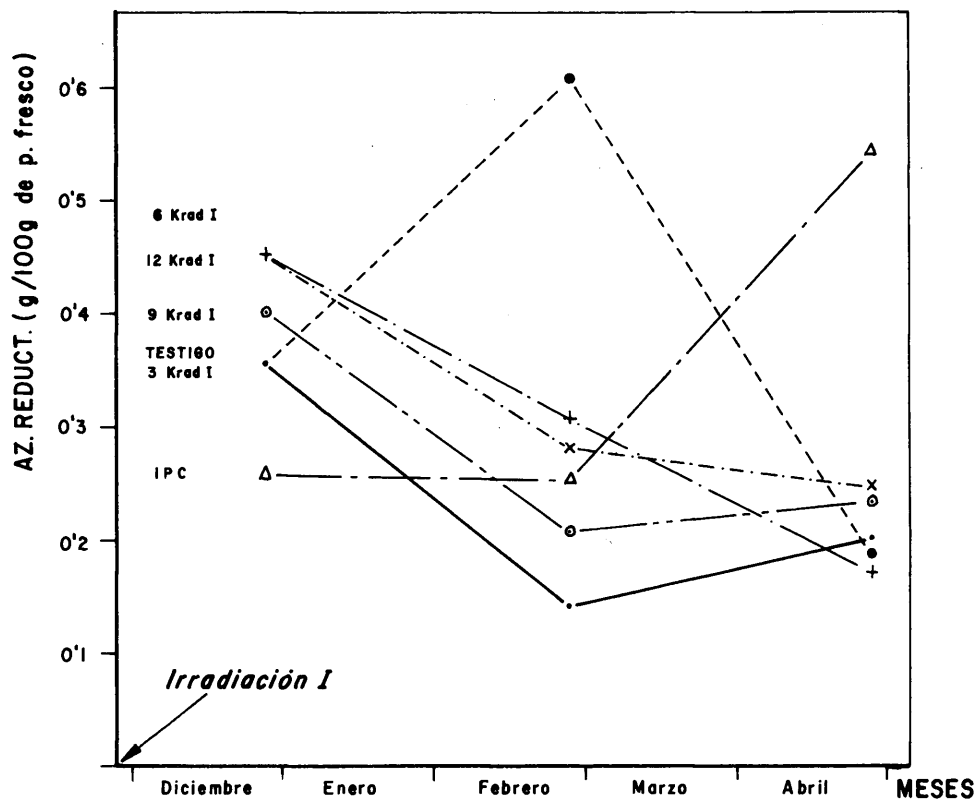


Fig. 31.—Variación en función del tiempo del contenido en azúcares reductores de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXIII

Variación del contenido en azúcares totales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en g/100 g de peso fresco. I: Irradiación de

Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: I II		1		3 1		5 3	
Tratamientos		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		0'472	19'7	0'939	3'7	0'435	24'6
IPC		0'354	10'5	0'346	14'4	0'869	20'5
3 Krad	I	0'487	7'4	0'232	15'3	0'409	8'0
	II	-	-	0'423	8'9	0'336	14'1
6 Krad	I	0'683	6'3	0'462	10'1	0'358	14'3
	II	-	-	0'737	13'4	0'347	24'7
9 Krad	I	0'586	8'6	0'305	14'2	0'452	13'5
	II	-	-	0'690	12'4	0'389	14'1
12 Krad	I	0'989	13'7	0'371	7'2	0'409	4'2
	II	-	-	0'692	8'9	0'655	14'2

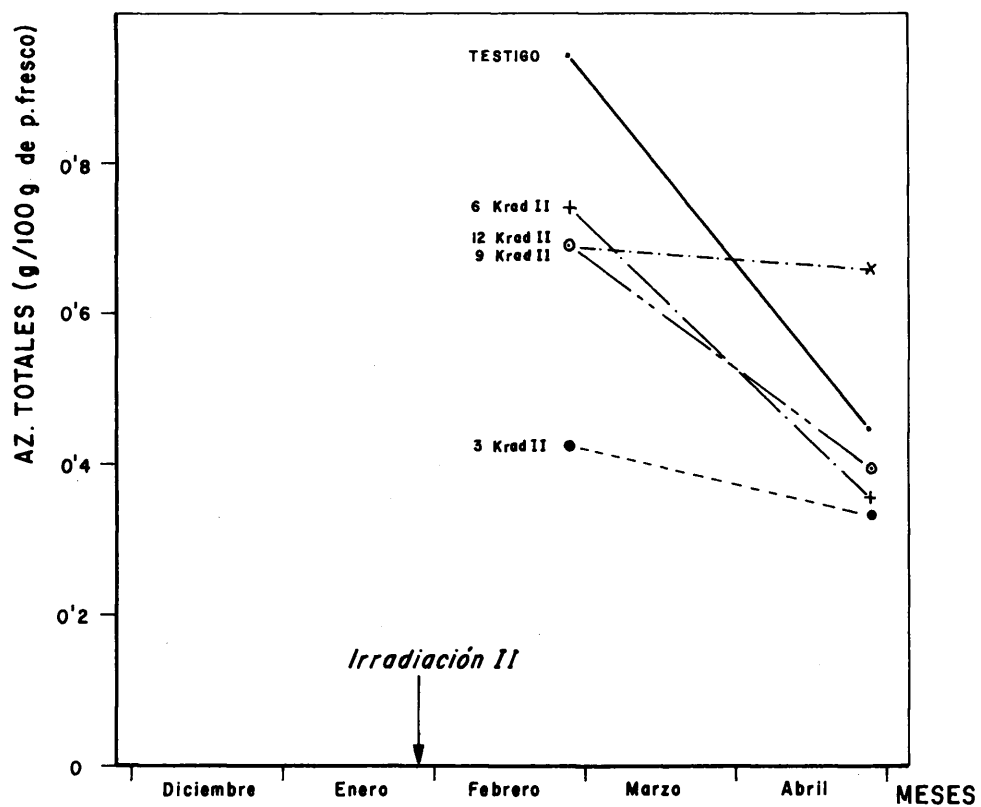
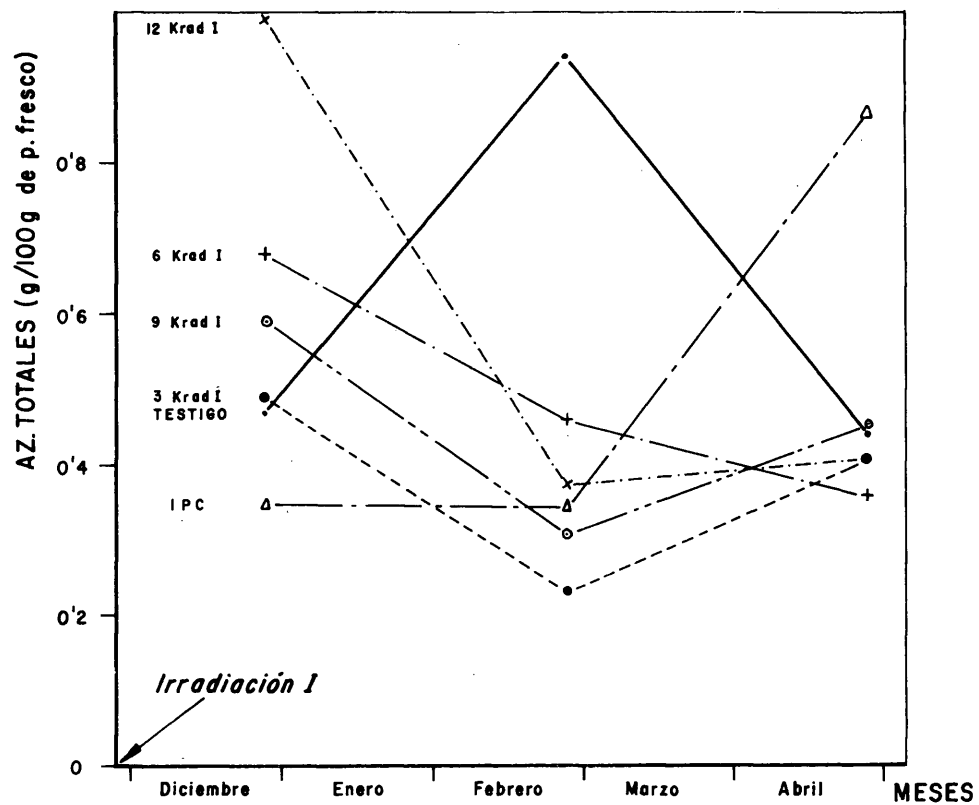


Fig. 32.—Variación en función del tiempo del contenido en azúcares totales de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXIV

Variación del contenido en fructosa total de los tubércu
los en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los va
lores se expresan en g/100 g de peso fresco. I: Irradia
ción de Noviembre; II: Irradiación de Enero
v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses trans curridos I desde: II		1		3 1		5 3	
Trata mientos		v.m.	c.v.(%)	v.m.	c.v.(%)	v.m.	c.v.(%)
Testigo		0'236	16'4	0'293	15'6	0'222	26'0
IPC		0'133	11'8	0'155	10'6	0'260	27'6
3 Krad	I	0'129	3'1	0'099	18'9	0'216	6'5
	II	-	-	0'158	11'7	0'209	17'7
6 Krad	I	0'168	19'5	0'140	6'9	0'116	7'3
	II	-	-	0'271	6'4	0'158	32'3
9 Krad	I	0'143	6'8	0'102	7'7	0'221	12'0
	II	-	-	0'233	7'5	0'189	11'1
12 Krad	I	0'365	16'3	0'129	10'5	0'193	7'1
	II	-	-	0'347	6'4	0'283	16'6

Variación del contenido en glucosa, fructosa y sacarosa de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en g/100 g de peso fresco

II: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

G = glucosa; F = fructosa; S = sacarosa

[illegible]

TABLA XXVI

Variación del porcentaje de azúcares reductores frente a azúcares totales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en: A (%); B (% respecto al testigo)

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde: I II		1		3 1		5 3	
Tratamientos		A	B	A	B	A	B
Testigo		75'0	100	65'1	100	42'8	100
IPC		73'4	97'9	73'1	112'3	63'3	147'9
3 Krad	I	72'3	96'4	59'9	92'0	48'7	113'8
	II	-	-	57'4	88'2	48'5	113'3
6 Krad	I	66'0	88'0	66'9	102'8	48'6	113'6
	II	-	-	55'1	84'6	46'1	107'7
9 Krad	I	68'6	91'5	67'9	104'3	50'1	117'1
	II	-	-	47'0	72'2	61'4	143'5
12 Krad	I	45'8	61'1	76'0	116'7	63'8	149'1
	II	-	-	64'5	99'1	37'4	87'4

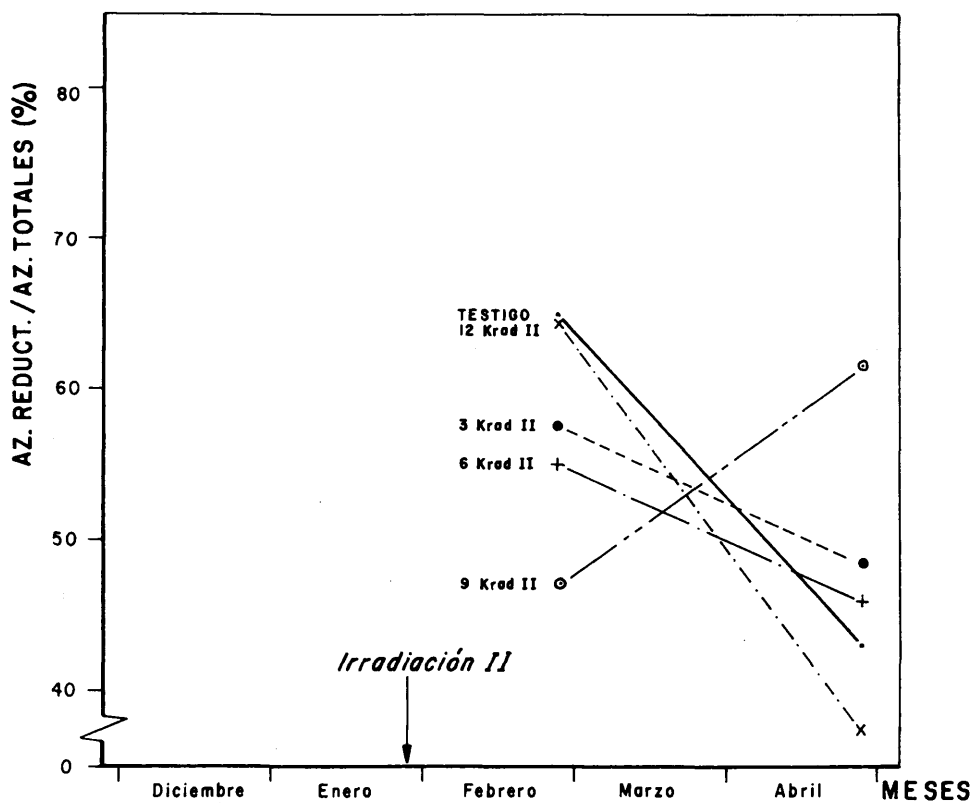
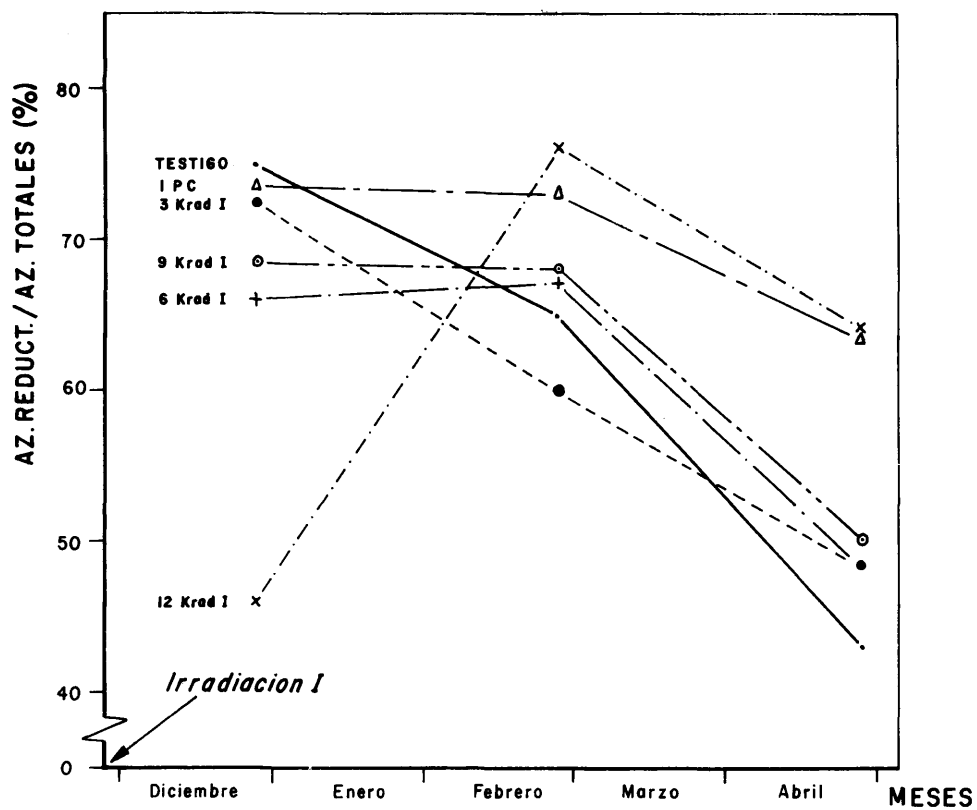


Fig. 33.—Variación en función del tiempo del porcentaje de azúcares reductores frente a azúcares totales de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

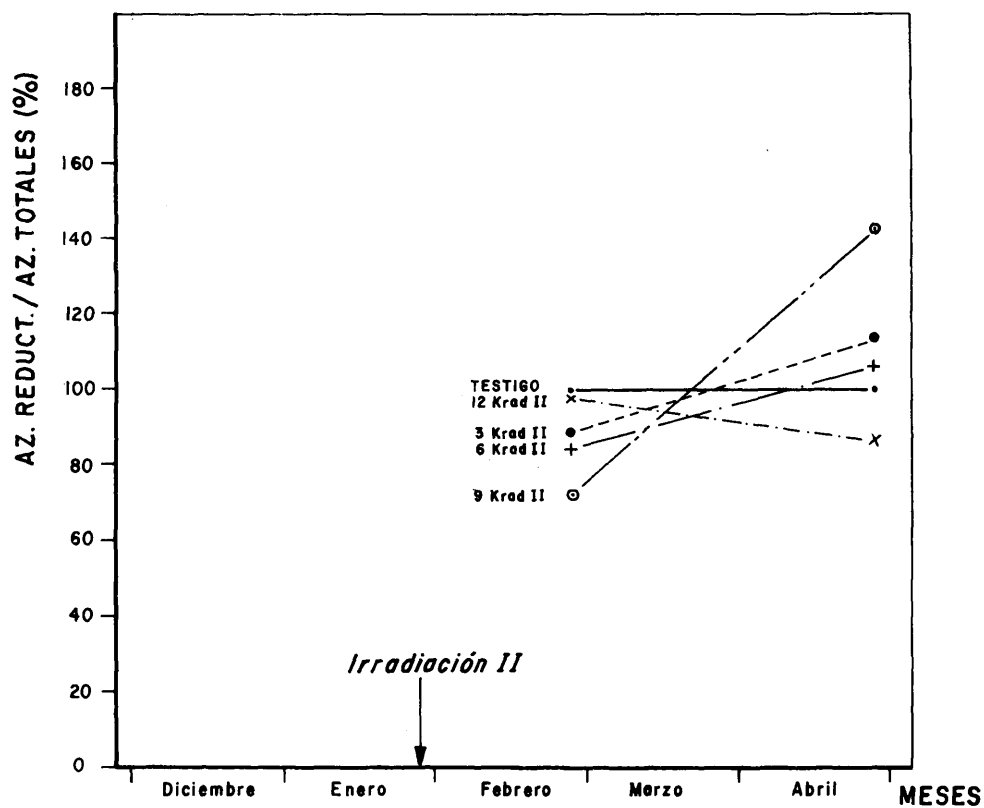
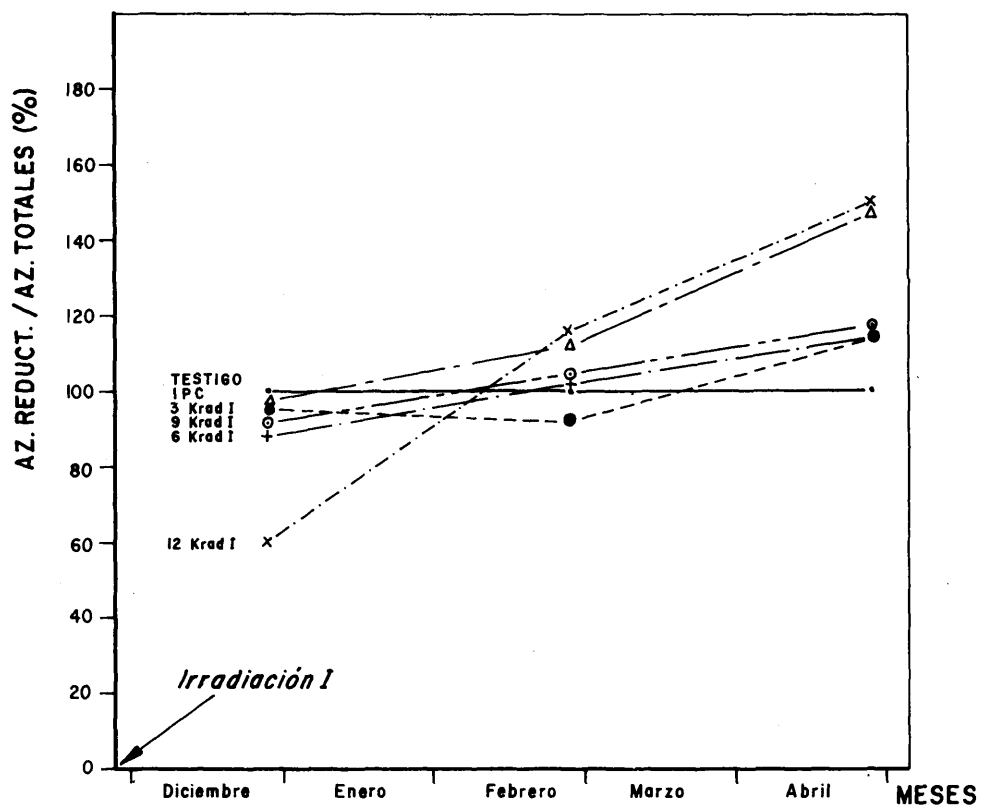


Fig. 34.—Variación en función del tiempo del porcentaje de azúcares reductores frente a azúcares totales respecto al testigo, de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXVII

Variación del contenido en azúcares reductores de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde: I Tratamientos		1	3 1	5 3
Testigo		100	100	100
IPC		73'4	41'4	295'7
3 Krad	I	99'4	22'7	107
	II	-	39'8	87'6
6 Krad	I	127'4	50'6	93'5
	II	-	66'4	86
9 Krad	I	113'6	33'9	123'7
	II	-	53	128'5
12 Krad	I	128	46'2	140'3
	II	-	73	131'7

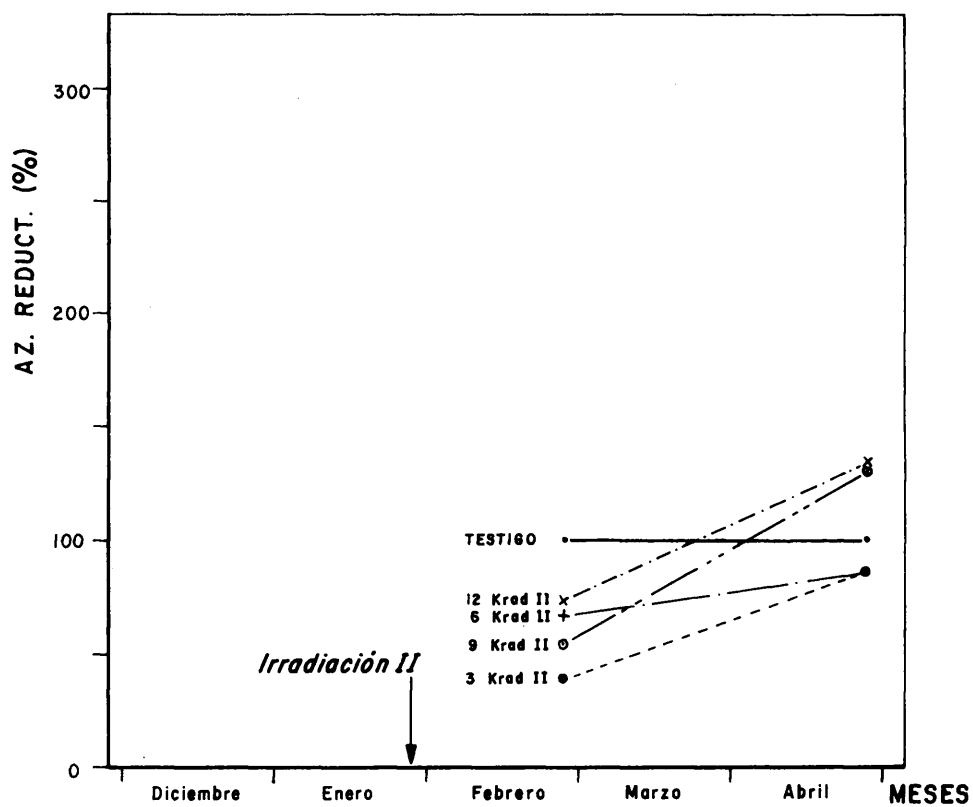
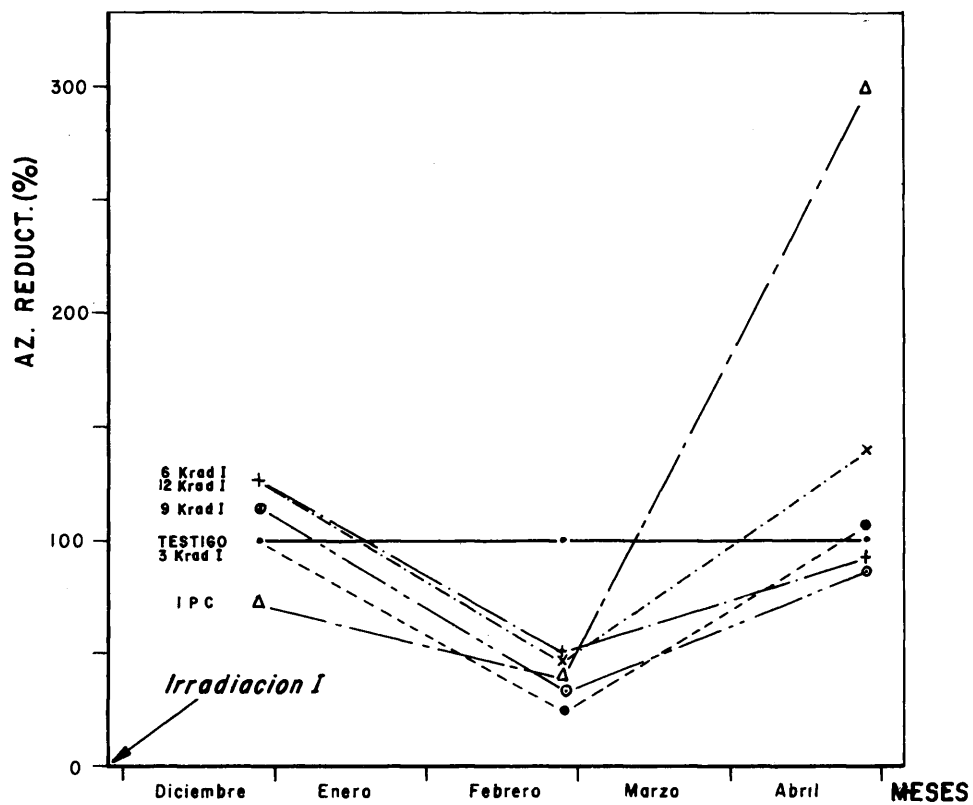


Fig. 35.—Variación en función del tiempo del contenido en azúcares reductores respecto al testigo, de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXVIII

Variación del contenido en azúcares totales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde: I II		1	3 1	5 3
Tratamientos				
Testigo		100	100	100
IPC		75	36'8	199'8
3 Krad	I	103'2	24'7	94'0
	II	-	45'0	77'2
6 Krad	I	144'7	49'2	82'3
	II	-	78'5	79'8
9 Krad	I	124'2	32'5	103'9
	II	-	73'5	89'4
12 Krad	I	209'5	39'5	94'0
	II	-	73'7	150'6

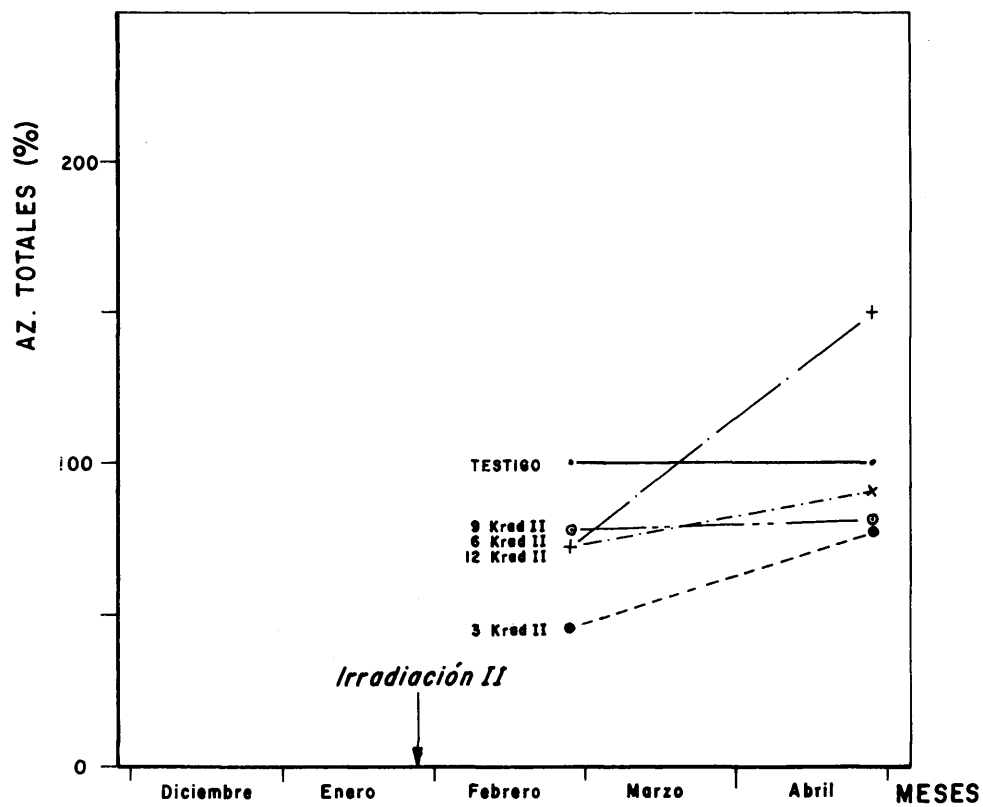
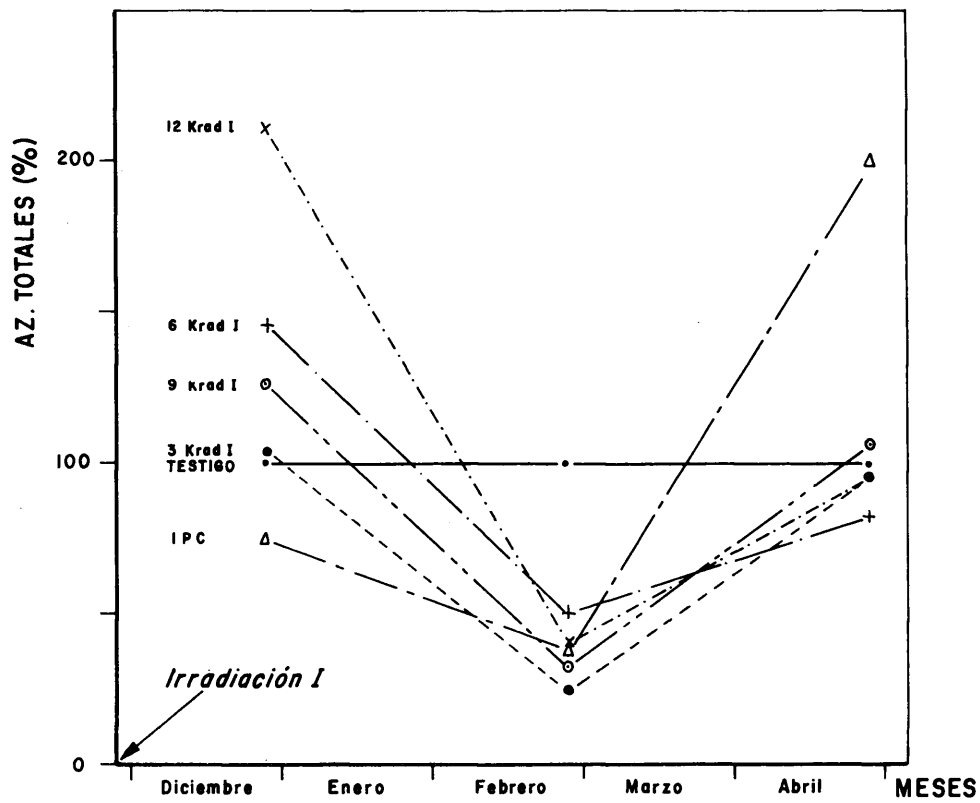


Fig. 36.—Variación en función del tiempo del contenido en azúcares totales respecto al testigo, de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXIX

Variación del contenido en ácido ascórbico de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en mg/100 g de peso fresco. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero
v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: I II		1		3 1		5 3	
Tratamientos		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		12'1	14'3	11'2	8'9	3'9	24'7
IPC		18'9	10'6	12'3	3'8	7'6	13'2
3 Krad	I	11'7	12'0	10'3	8'0	3'5	27'4
	II	-	-	10'3	13'7	8'6	11'6
6 Krad	I	11'3	15'4	10'1	9'8	5'0	11'8
	II	-	-	10'3	9'7	7'5	9'4
9 Krad	I	14'1	10'0	9'2	10'9	4'0	10'9
	II	-	-	8'7	11'5	7'2	10'9
12 Krad	I	14'0	4'2	10'1	9'9	6'3	15'8
	II	-	-	7'5	3'5	6'0	15'1

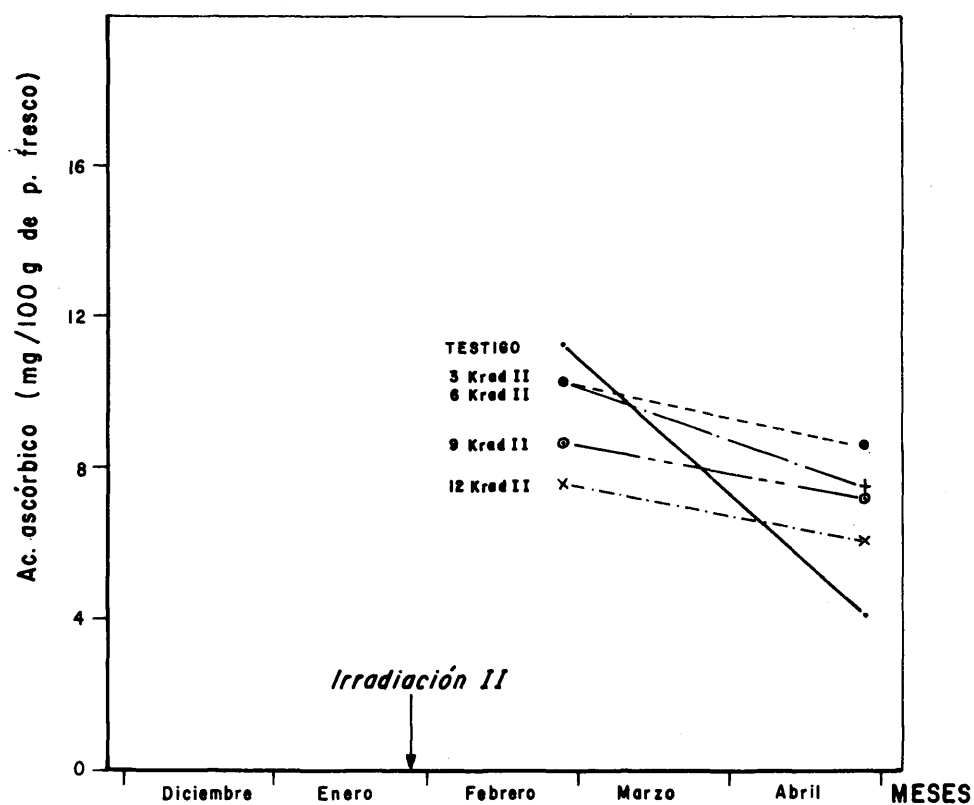
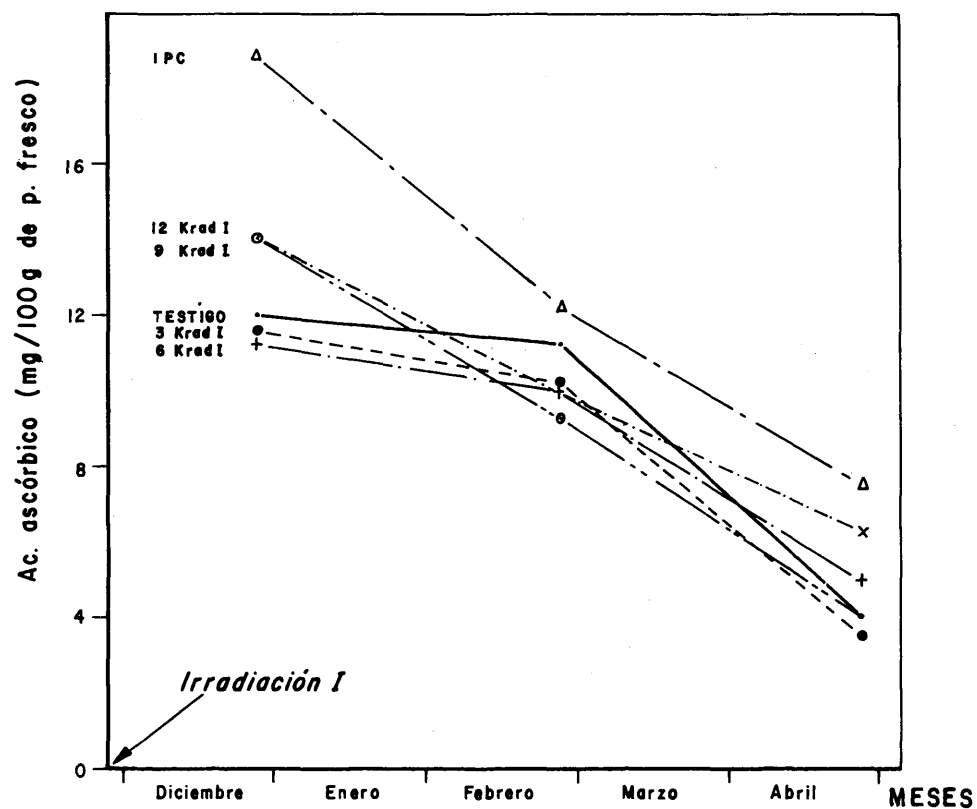


Fig. 37.—Variación en función del tiempo del contenido en ácido ascórbico de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXX

Variación del contenido en ácido ascórbico de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde: Trátamientos		I	1	3 1	5 3
Testigo			100	100	100
IPC			156'2	109'8	194'9
3 Krad	I		96'7	92'0	89'7
	II		-	92'0	220'5
6 Krad	I		93'4	90'2	128'2
	II		-	92'0	192'3
9 Krad	I		116'5	82'1	102'6
	II		-	77'7	184'6
12 Krad	I		115'7	90'2	161'5
	II		-	67'0	153'8

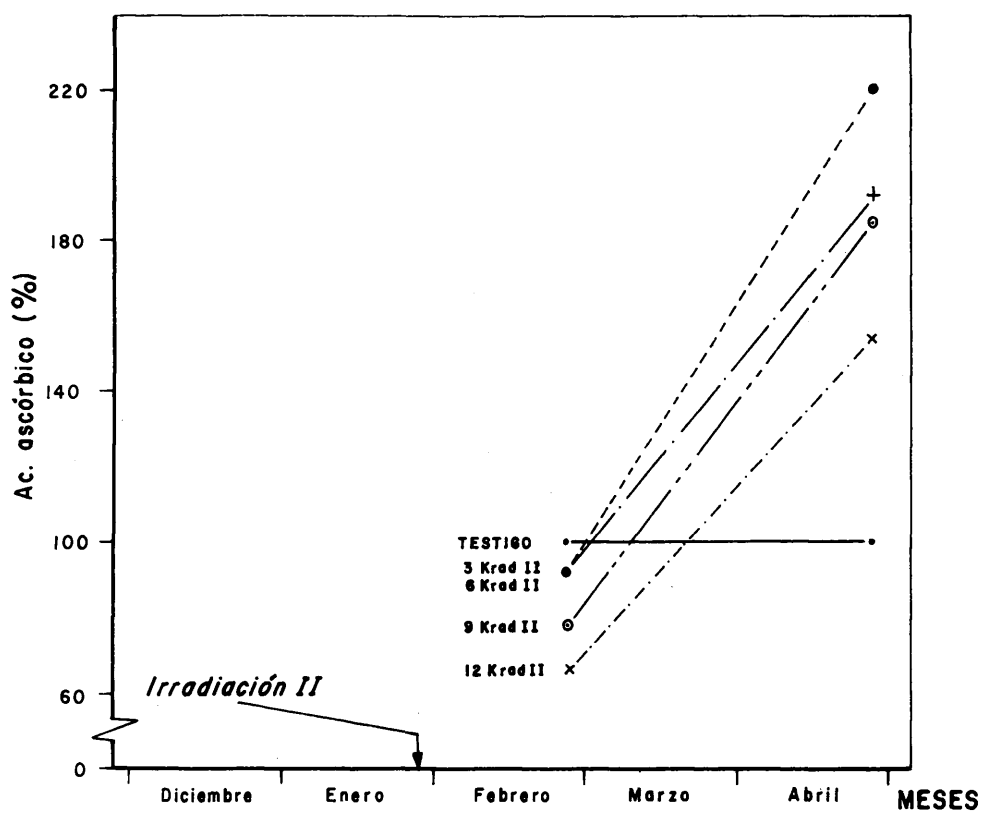
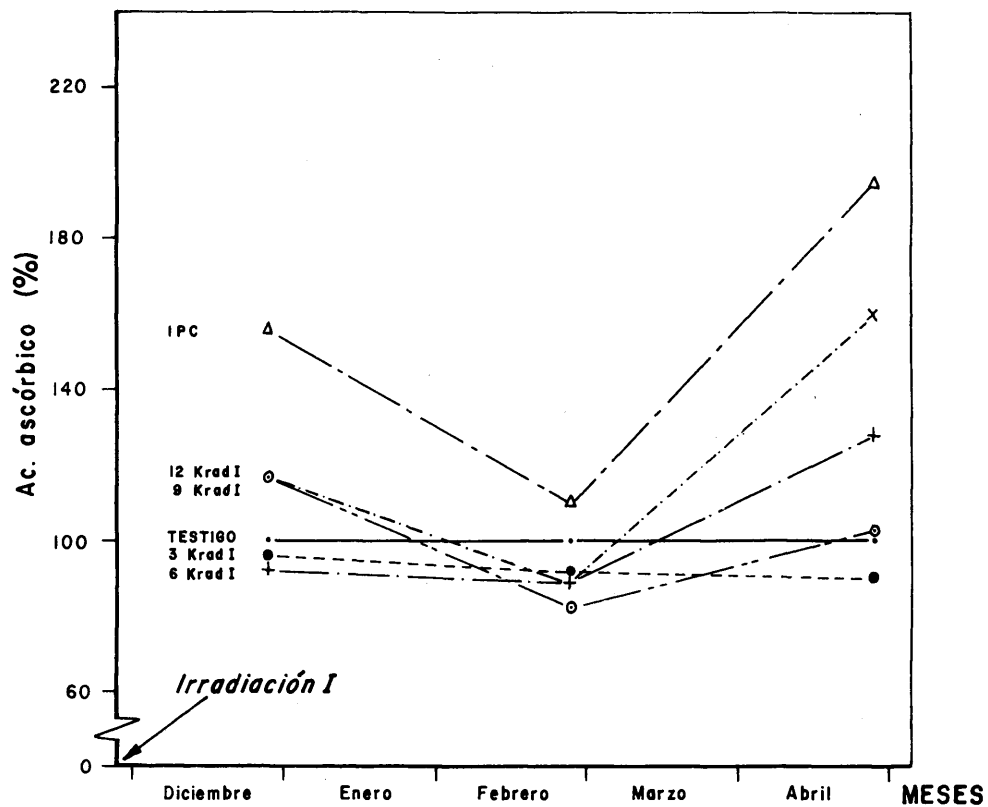


Fig. 38.—Variación en función del tiempo del contenido en ácido ascórbico respecto al testigo, de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXXI

Variación del contenido en ácido clorogénico del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en $\mu\text{g/g}$ de peridermo
 I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero
 v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses trans curridos desde: I		1'5		3'5 1'5		5'5 3'5	
Trata- mientos	II	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		783	1'7	878	4'8	668	3'8
IPC		1034	8'6	1035	0'25	867	2'4
3 Krad	I	837	3'2	863	0'19	645	6'8
	II	-	-	845	1'9	668	2'8
6 Krad	I	837	1'5	845	1'4	771	0'06
	II	-	-	651	2'6	676	1'9
9 Krad	I	841	0'6	890	3'6	557	4'9
	II	-	-	1004	3'0	717	3'8
12 Krad	I	824	3'9	1089	3'2	771	3'3
	II	-	-	1001	3'2	724	1'5

TABLA XXXII

Variación del contenido en ácido cafeico del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en $\mu\text{g/g}$ de peridermo. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero
v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: I II		1'5		3'5 1'5		5'5 3'5	
Tratamientos		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		38	8'4	48	15'2	114	21'9
IPC		43	18'6	23	7'2	41	4'2
3 Krad	I	52	13'6	42	3'4	83	5'6
	II	-	-	37	5'2	72	24
6 Krad	I	53	15'4	18	5'6	42	0'12
	II	-	-	66	12'2	79	6'4
9 Krad	I	78	3'1	23	19'2	70	4'7
	II	-	-	51	15'4	29	5
12 Krad	I	92	14'2	9	21	43	9'4
	II	-	-	50	1'2	47	4'2

TABLA XXXIII

Variación del contenido en ácidos fenólicos totales del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en: A ($\mu\text{g/g}$ de peridermo); B (% respecto al testigo)

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde: I II		1'5		3'5 1'5		5'5 3'5	
Tratamientos		A	B	A	B	A	B
Testigo		821	100	926	100	782	100
IPC		1077	131'2	1058	114'3	908	116'1
3 Krad	I	889	108'3	905	97'7	728	93'1
	II	-	-	882	95'2	740	94'6
6 Krad	I	890	108'4	863	93'2	813	104
	II	-	-	717	77'4	755	96'5
9 Krad	I	919	111'9	913	98'6	627	80'2
	II	-	-	1055	113'9	746	95'4
12 Krad	I	916	111'6	1098	118'6	814	104'1
	II	-	-	1051	113'5	771	98'6

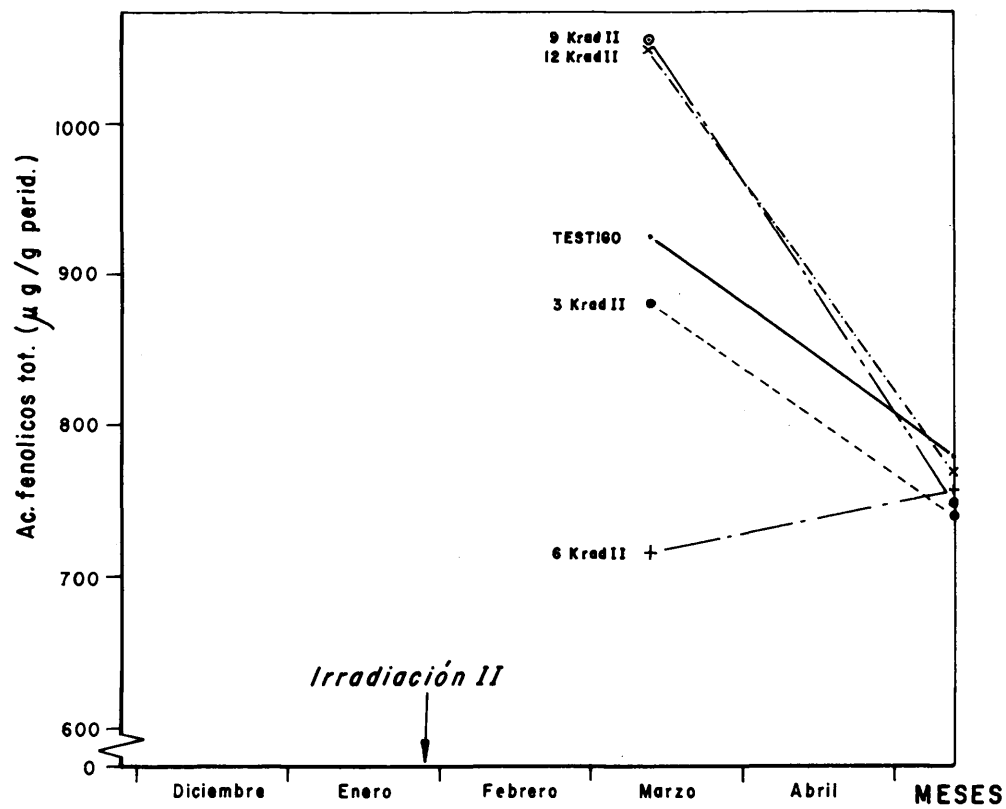
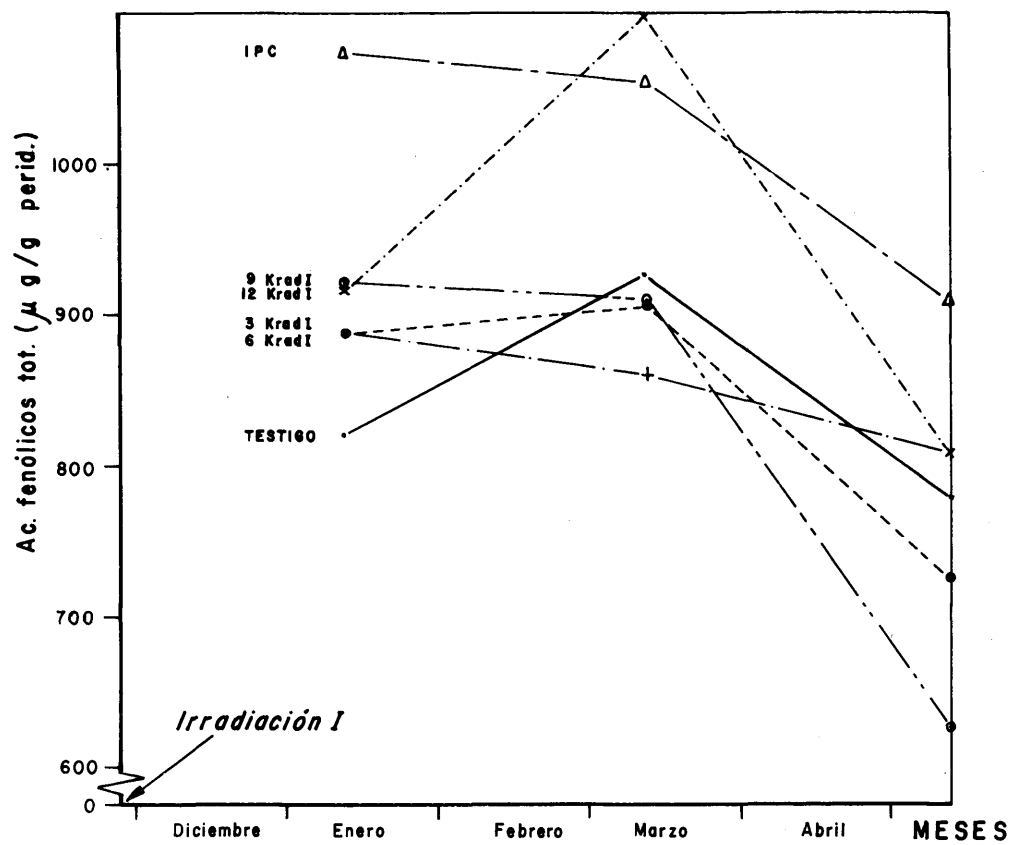


Fig. 39.—Variación en función del tiempo del contenido en ácidos fenólicos totales del peridermo de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

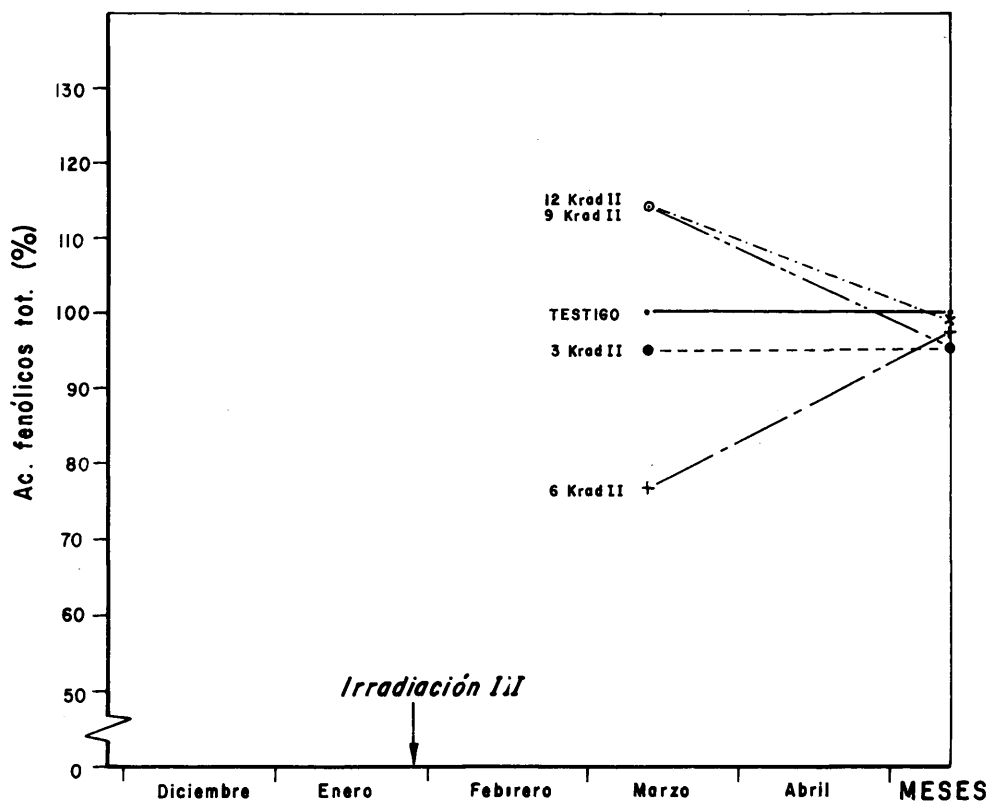
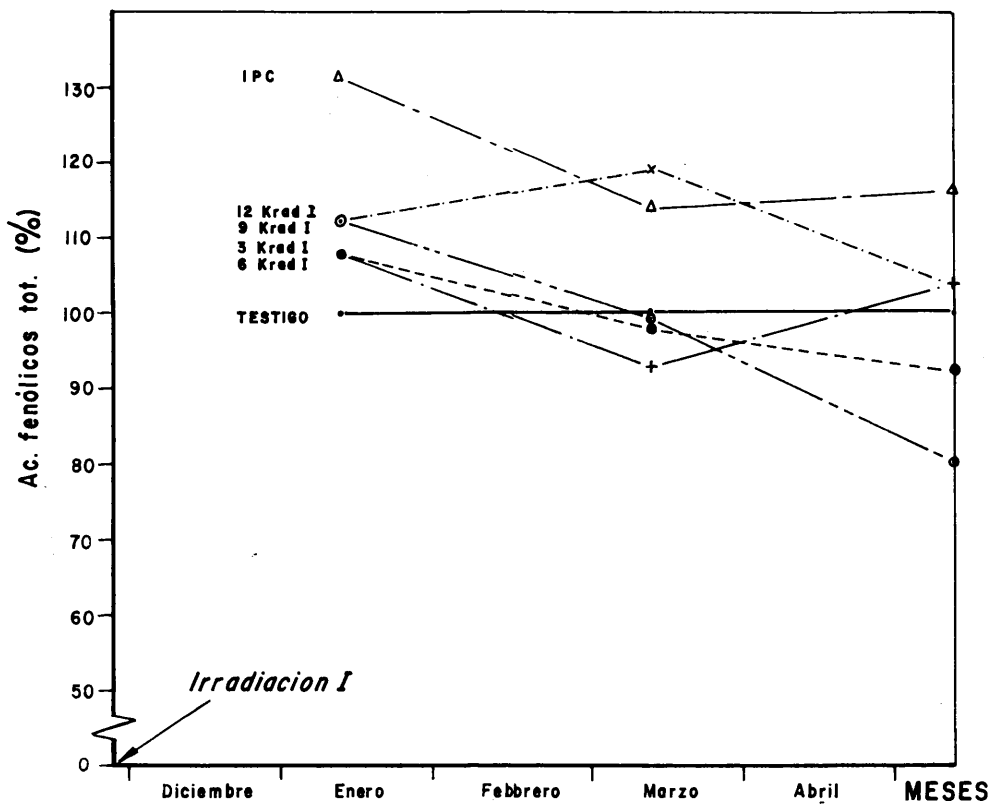


Fig. 40.—Variación en función del tiempo del contenido en ácidos fenólicos totales respecto al testigo, del peridermo de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

3.1.7. Conductividad

En las Tablas XXXIV, XXXV y XXXVI se refleja la variación de la conductividad de los tubérculos de cada tratamiento, durante 180 segundos, en tres épocas del periodo de almacenamiento y en la Figura 41 se representa gráficamente. Las diferencias entre los valores de obtenidos hasta los 120 segundos y el valor obtenido a los 180 segundos se muestran en las Tablas XXXVII, XXXVIII y XXXIX.

3.1.8. pH

Los resultados obtenidos sobre la variación del pH de los tubérculos de cada tratamiento, en dos épocas del periodo de almacenamiento, se reflejan en la Tabla XL.

TABLA XXXIV

Variación de los valores de conductividad de los tubérculos a 25°C durante 180 seg. Observaciones realizadas en el mes de Enero. Los valores se expresan en milimhos/cm

I: Irradiación de Noviembre

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Tratamientos	TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL MOMENTO DE INTRODUCIR EL ELECTRODO (seg)									
	0		30		60		120		180	
	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.
Testigo	0'209	11'9	0'193	11'4	0'186	10'5	0'177	9'3	0'174	8'8
IPC	0'201	5'9	0'181	6'2	0'173	5'4	0'164	5'8	0'162	6'1
3 Krad I	0'200	11'3	0'184	10'7	0'175	10'1	0'166	10'2	0'162	10'9
6 Krad I	0'178	6'1	0'166	6'5	0'162	7'0	0'156	7'3	0'152	7'2
9 Krad I	0'173	3'6	0'163	3'7	0'157	3'5	0'152	3'5	0'150	3'3
12 Krad I	0'169	8'5	0'162	9'0	0'157	9'2	0'153	9'6	0'151	9'9

TABLA XXXV

Variación de los valores de conductividad de los tubérculos a 25°C durante 180 seg.
Observaciones realizadas en el mes de Marzo. Los valores se expresan en milimhos/cm.

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Tratamientos		TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL MOMENTO DE INTRODUCIR EL ELECTRODO (seg)											
		0		30		60		120		180			
		v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.
Testigo	I	0'254	4'5	0'239	4'4	0'228	5'0	0'215	5'1	0'207	5'0		
	II												
IPC	I	0'226	6'0	0'215	5'8	0'206	5'7	0'194	6'0	0'187	6'6		
	II												
3 Krad	I	0'217	7'9	0'208	6'9	0'202	6'0	0'195	5'0	0'190	4'5		
	II	0'218	7'8	0'210	7'2	0'203	7'5	0'194	7'5	0'187	8'4		
6 Krad	I	0'207	13'1	0'199	13'0	0'194	12'0	0'188	11'3	0'182	10'6		
	II	0'209	4'6	0'203	5'3	0'197	4'9	0'191	1'6	0'187	4'1		
9 Krad	I	0'176	7'3	0'173	6'5	0'166	6'6	0'160	7'7	0'156	8'0		
	II	0'190	4'3	0'187	4'7	0'182	5'4	0'177	6'2	0'173	6'6		
12 Krad	I	0'198	5'2	0'192	5'4	0'187	5'3	0'180	5'4	0'175	5'2		
	II	0'223	4'3	0'215	2'8	0'207	2'2	0'200	2'1	0'195	1'5		

TABLA XXXVI

Variación de los valores de conductividad de los tubérculos a 25°C, durante 180 seg. Observaciones realizadas en el mes de Mayo. Los valores se expresan en milimhos/cm.

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Tratamientos		TIEMPO TRANSCURRIDO DESDE EL MOMENTO DE INTRODUCIR EL ELECTRODO (seg)											
		0		30		60		120		180			
		v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.	v.m.	c.v.
Testigo		0'179	8'4	0'171	7'7	0'165	6'0	0'160	5'9	0'158	5'3		
IPC		★	-	★	-	★	-	★	-	★	-		
3 Krad	I	0'174	8'5	0'167	6'7	0'165	6'5	0'164	6'6	0'164	6'6		
	II	0'156	0'2	0'163	2'2	0'167	1'9	0'175	2'7	0'180	3'9		
6 Krad	I	0'163	4'8	0'158	4'1	0'154	4'0	0'151	3'5	0'150	3'5		
	II	0'151	2'5	0'158	6'3	0'161	7'5	0'165	8'7	0'174	9'3		
9 Krad	I	★	-	★	-	★	-	★	-	★	-		
	II	0'186	4'6	0'181	7'3	0'180	9'5	0'180	11'0	0'184	13'3		
12 Krad	I	★	-	★	-	★	-	★	-	★	-		
	II	★	-	★	-	★	-	★	-	★	-		

★ En esta época no quedaba material

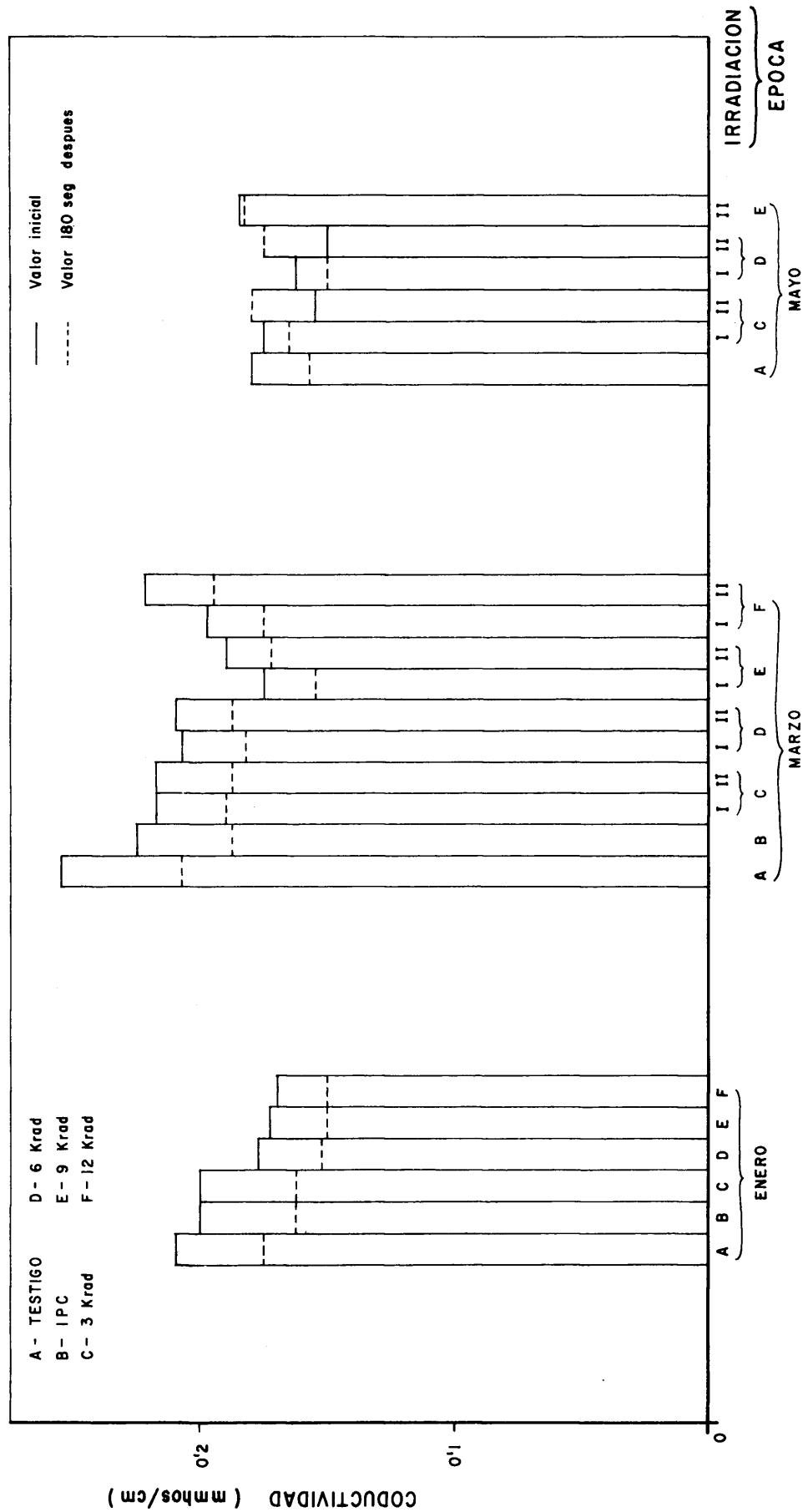


Fig. 41.—Variación de la conductividad de los tubérculos, en el momento de introducir el electrodo y a los 180 segundos, en tres épocas del período de almacenamiento. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XXXVII

Variación de las diferencias de conductividad en el tiempo t y a los 180 seg después de haber introducido el electrodo en los tubérculos. Observaciones realizadas en el mes de Enero. Los valores se expresan en milimhos/cm. I: Irradiación de Noviembre

<u>Tratamientos</u>	<u>Valores de t (seg)</u>			
	<u>0</u>	<u>30</u>	<u>60</u>	<u>120</u>
Testigo	0'035	0'019	0'012	0'003
IPC	0'039	0'019	0'011	0'002
3 Krad I	0'038	0'022	0'013	0'004
6 Krad I	0'026	0'014	0'010	0'004
9 Krad I	0'023	0'013	0'007	0'002
12 Krad I	0'018	0'011	0'006	0'002

TABLA XXXVIII

Variación de las diferencias de conductividad en el tiempo t y a los 180 seg después de haber introducido el electrodo en los tubérculos. Observaciones realizadas en el mes de Marzo. Los valores se expresan en milimhos/cm. I: Irradiación de No_ viembre; II: Irradiación de Enero

<u>Tratamientos</u>	<u>Valores de t (seg)</u>			
	<u>0</u>	<u>30</u>	<u>60</u>	<u>120</u>
<u>Testigo</u>	0'047	0'032	0'021	0'008
<u>IPC</u>	0'039	0'028	0'019	0'007
<u>3 Krad</u>	I	0'027	0'018	0'012
	II	0'031	0'023	0'016
<u>6 Krad</u>	I	0'025	0'017	0'012
	II	0'022	0'016	0'010
<u>9 Krad</u>	I	0'020	0'017	0'010
	II	0'017	0'014	0'009
<u>12 Krad</u>	I	0'023	0'017	0'012
	II	0'028	0'020	0'012

TABLA XXXIX

Variación de las diferencias de conductividad en el tiempo t y a los 180 seg después de haber introducido el electrodo en los tubérculos. Observaciones realizadas en el mes de Mayo. Los valores se expresan en milimhos/cm. I: Irradiación de No viembre; II: Irradiación de Enero

Tratamientos		Valores de t (seg)			
		0	30	60	120
Testigo		0'021	0'013	0'007	0'002
IPC		☆	☆	☆	☆
3 Krad	I	0'010	0'003	0'001	0
	II	-0'024	-0'017	-0'013	-0'005
6 Krad	I	0'013	0'008	0'004	0'001
	II	-0'023	-0'016	-0'013	-0'009
9 Krad	I	☆	☆	☆	☆
	II	0'002	-0'003	-0'004	-0'004
12 Krad	I	☆	☆	☆	☆
	II	☆	☆	☆	☆

☆ En esta época no quedaba material

TABLA XL

Variación del pH de los tubérculos, en dos épocas del periodo de almacenamiento. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Meses transcurridos desde: Tratamientos	I II	2		4 2	
		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		6'17	6'3	6'32	7'4
IPC		5'30	13'7	6'01	4'0
3 Krad	I	4'77	9'5	6'6	5'1
	II	-	-	6'3	1'0
6 Krad	I	5'55	10'4	6'35	2'4
	II	-	-	6'17	3'1
9 Krad	I	5'45	15'7	6'33	1'0
	II	-	-	6'2	2'1
12 Krad	I	5'42	15'7	6'27	1'2
	II	-	-	6'32	5'5

3.1.9. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales

En la Tabla XLI se comparan los valores finales del porcentaje de infección de los tubérculos de cada tratamiento. Respecto a otras observaciones de "visu", se puede decir que, en general, al final del periodo de almacenamiento, los tubérculos irradiados en Noviembre con dosis de 6, 9 y 12 Krad, los irradiados en Enero con dosis de 9 y 12 Krad, e incluso los tratados con IPC, tienen un aspecto normal, turgentes y sin brotar, mientras que los tubérculos testigo presentan una marchitez acusada, resultando inutilizables. Los tubérculos irradiados en Noviembre con dosis de 3 Krad y los irradiados en Enero con dosis de 3 y 6 Krad presentan un aspecto intermedio.

En cuanto a la brotación, se observa en los tubérculos irradiados a bajas dosis (3 Krad), brotes más finos y numerosos que en los testigos, y en los tubérculos irradiados en Enero, se observa una brotación truncada (Fig. 42).

3.1.10. Peridermo de heridas

Las observaciones realizadas sobre la formación del "peridermo de heridas" para los tubérculos de cada tratamiento, en tres épocas del periodo de almacenamiento, se detallan en la Tabla XLII.

TABLA XLI

Comparación de los valores finales del porcentaje de infección en los tubérculos. Observaciones realizadas sobre 30 tubérculos. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Tratamientos		Infección (%)
Testigo		16'7
IPC		0
3 Krad	I	0
	II	0
6 Krad	I	6'7
	II	0
9 Krad	I	10
	II	3'3
12 Krad	I	.10
	II	0

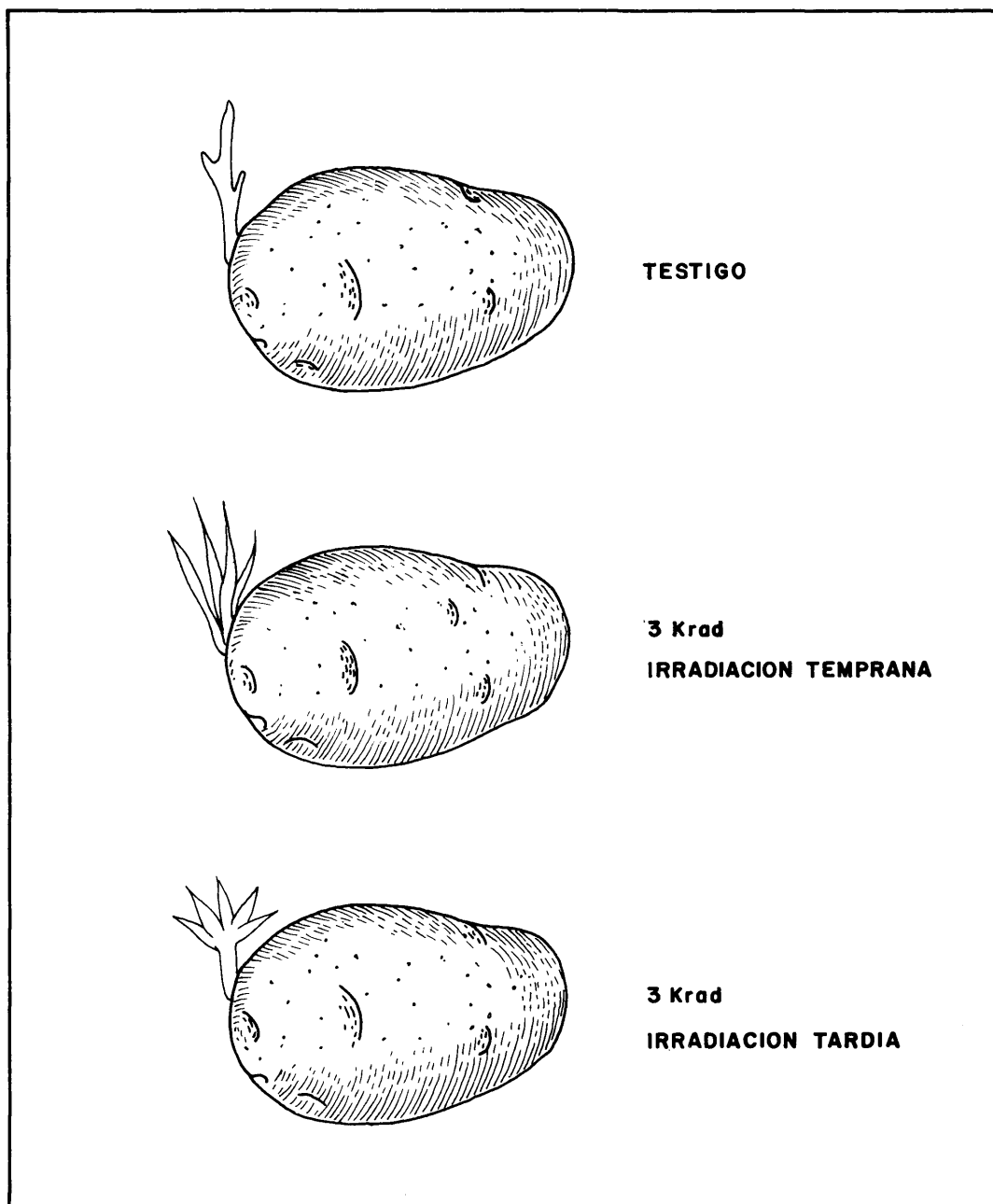


Fig. 42.—Esquema comparativo de las formas de brotes observadas en los tubérculos testigo e irradiados con dosis bajas.

TABLA XLII

Observaciones realizadas sobre la formación del "peridermo de heridas" en los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Tipo de observación: a (formación del peridermo); b (consistencia del peridermo) y c (aspecto de los tubérculos).

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

+ = positivo; θ = negativo; M.B. = muy bien; B = bien; M= malo

Meses transcurridos desde: I II		1'5			3'5 1'5			5'5 3'5		
Tratamientos		a	b	c	a	b	c	a	b	c
Testigo		+	+	M	+	θ	M	+	θ	B
IPC		+	+	M	+	θ	M	+	θ	MB
3 Krad	I	θ	-	B	θ	-	MB	θ	-	MB
	II	-	-	-	θ	-	B	θ	-	MB
6 Krad	I	θ	-	B	θ	-	B	θ	-	B
	II	-	-	-	θ	-	B	θ	-	MB
9 Krad	I	θ	-	MB	θ	-	B	θ	-	M
	II	-	-	-	θ	-	MB	θ	-	M
12 Krad	I	θ	-	MB	θ	-	MB	★	★	★
	II	-	-	-	θ	-	MB	θ	-	B

★ En esta época no quedaba material

3.2. TEJIDOS DE PARENQUIMA ANILIFERO DE PATATA CULTIVADOS

"IN VITRO"

3.2.1. Influencia de la irradiación sobre el desarrollo y metabolismo

3.2.1.1. Proliferación celular

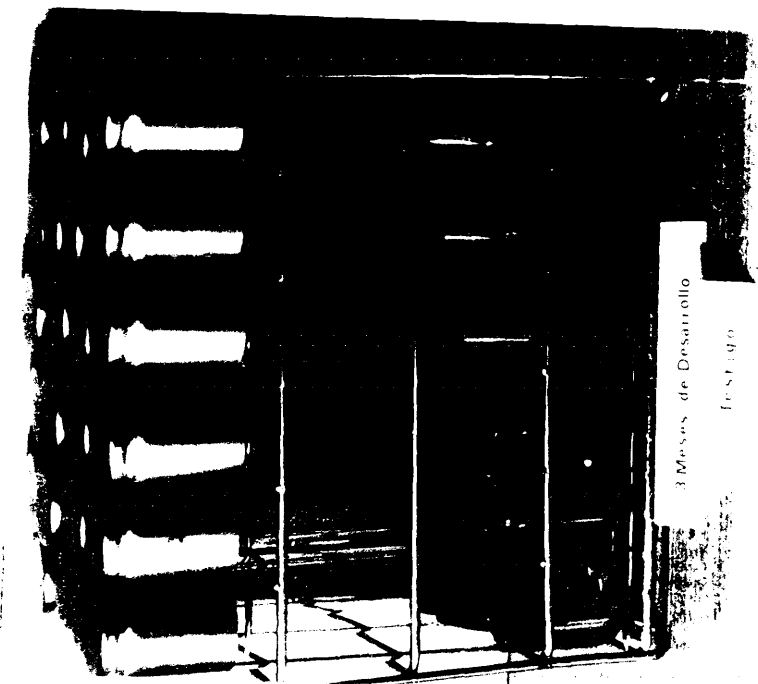
Se ha estudiado el modo en que la irradiación afecta a las células de los tejidos internos de los tubérculos, observándose en los testigos la formación de unas estructuras especiales, denominadas "callo" en forma de nódulos o protuberancias sobre la superficie de los fragmentos de parénquima, mientras que en los procedentes de tubérculos irradiados no se observó este fenómeno en los cuatro meses que duró la experiencia. Este fenómeno ocurrió de forma análoga en los tejidos sembrados en las dos épocas. En la Fig. 43 se muestran los tejidos de tubérculos testigo después de tres meses de cultivo y en las Figs. 44 y 45 se muestran los tejidos procedentes de tubérculos irradiados.

Con objeto de tener datos cuantitativos se hicieron análisis de peso, actividad respiratoria, ácido ascórbico, conductividad y pH, al fi-

nal del periodo de cultivo, cuyos valores se detallan en los apartados siguientes.

3.2.1.2. Variación de peso

En la Tabla XLIII se refleja el contenido en peso fresco, peso seco, % de humedad y peso seco corregido, al final del periodo de cultivo de los tejidos testigo e irradiados en Noviembre y sembrados en Enero y en las Figs. 46 y 47 se representan gráficamente. Los resultados correspondientes a los tejidos testigo e irradiados en Noviembre y en Enero, y sembrados en Marzo, se muestran en la Tabla XLIV y se representan en las Figuras 48 y 49. En la Tabla XLV se reflejan los incrementos de peso fresco, peso seco y peso seco corregido de los tejidos sembrados en Enero y en Marzo. Los tejidos se mantuvieron en ambas siembras cuatro meses en cultivo.



A



B

Fig. 43.- Tejidos procedentes de tubérculos testigo después de tres meses de cultivo.
A: vista general; B: detalle del callo formado.

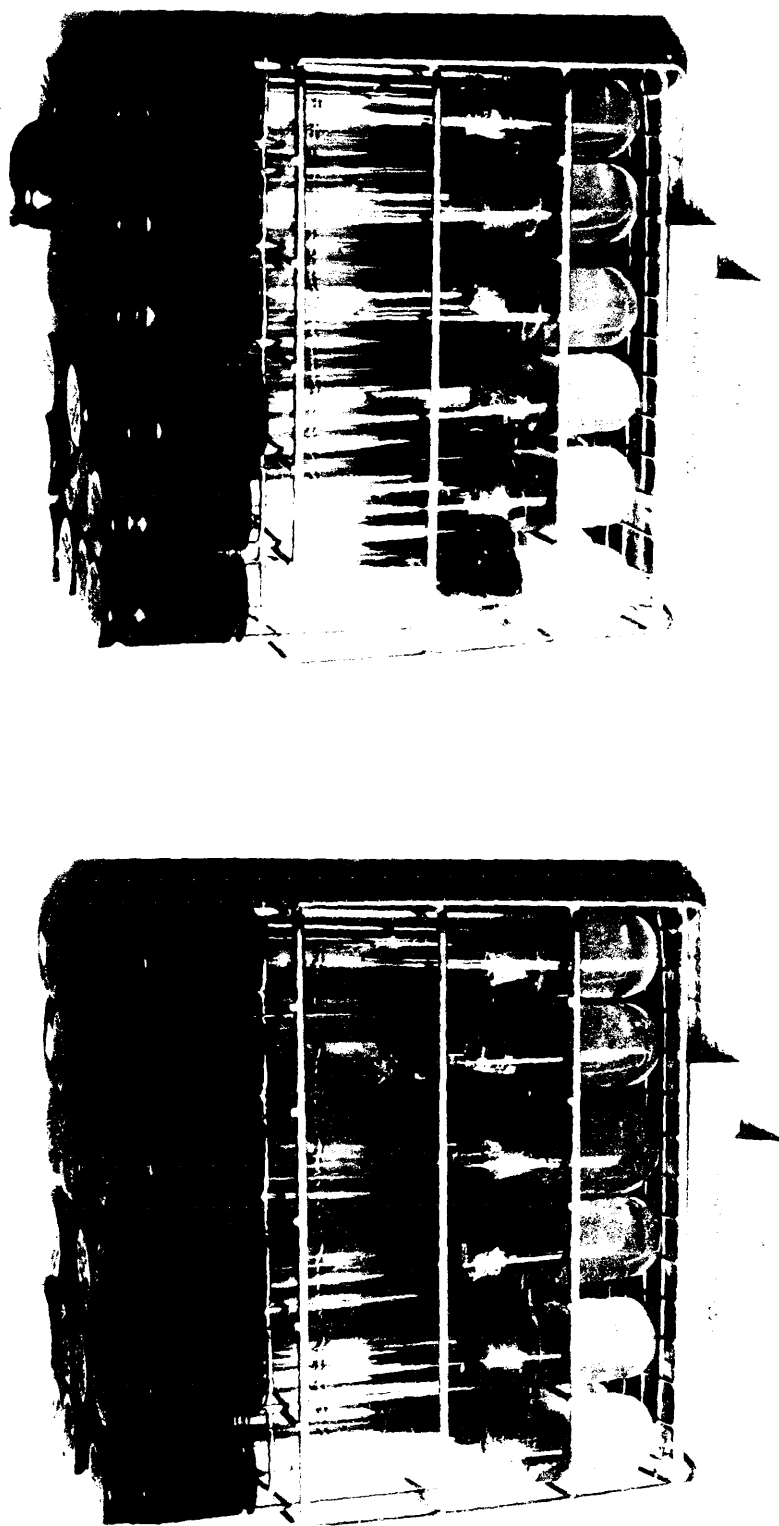


Fig. 44.- Tejidos procedentes de tubérculos irradiados en Noviembre con dosis de 3 y 6 Krad, después de tres meses de cultivo.

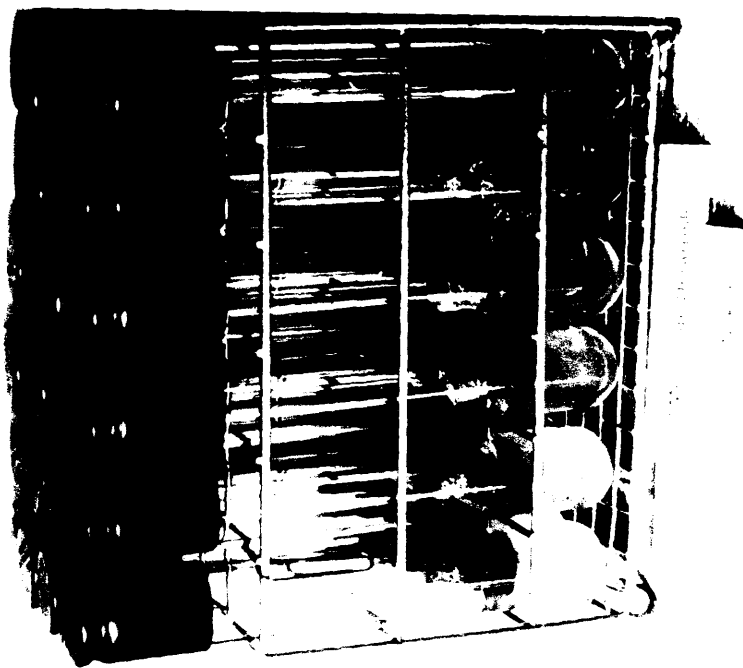
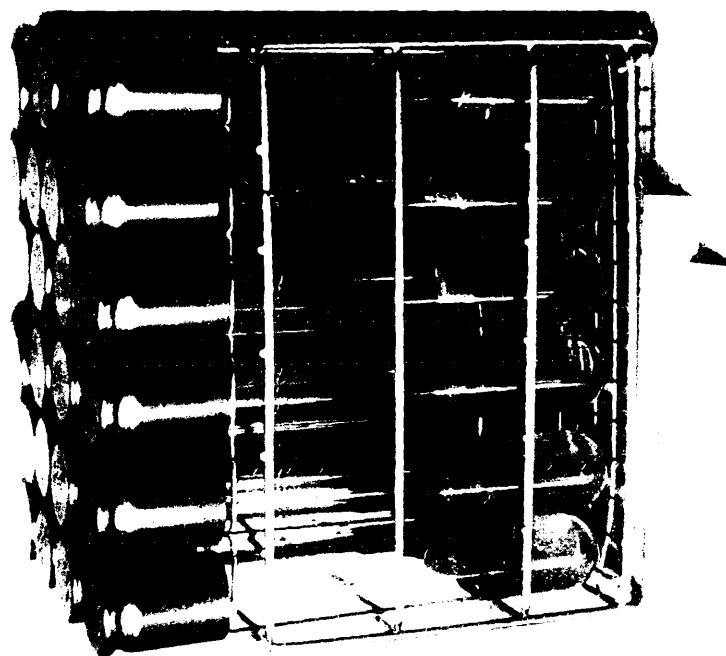


Fig. 45.- Tejidos procedentes de tubérculos irradiados en Noviembre con dosis de 9 y 12 Krad, después de tres meses de cultivo.

TABLA XLIII

Variación del peso fresco, peso seco, % de humedad y peso seco corregido en los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Enero. El peso fresco inicial fue de 2.676 mg (c.v. = 3'5) con un 81'8 % de humedad (c.v. = 3'3) siendo el peso seco corregido inicial de 20'5 mg. I: Irradiación de Noviembre

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Tejidos proceden Trata- mientos		TEJIDOS SEMBRADOS EN EL MES DE ENERO							
		Peso fresco (mg)		Peso seco (mg)		Humedad (%)		Peso seco co-	
		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	rregido (mg)	
Testigo		4.490	9'6	808'2	7'1	82	3	59'1	
3 Krad	I	3.997	8'2	643'5	9	83'9	1'5	62'3	
6 Krad	I	4.152	9'4	647'1	8'8	84'4	1'8	68'0	
9 Krad	I	3.903	9'0	605	10'7	84'5	1'6	68'5	
12 Krad	I	4.077	7'9	601	8'4	85'3	1'7	57'5	

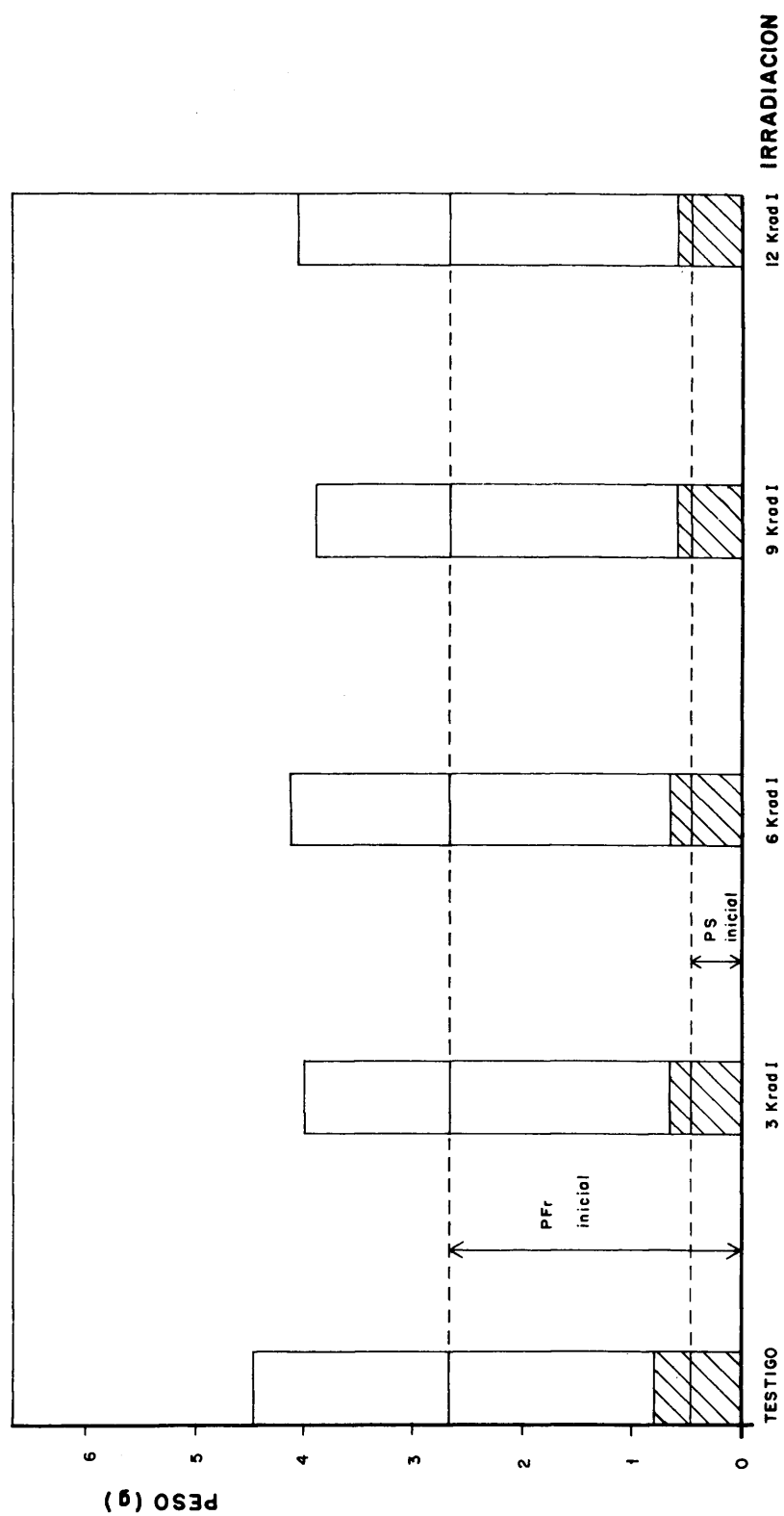


Fig. 46.—Variación del peso fresco (PFR) y peso seco (PS) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Enero. I: irradiación de Noviembre.

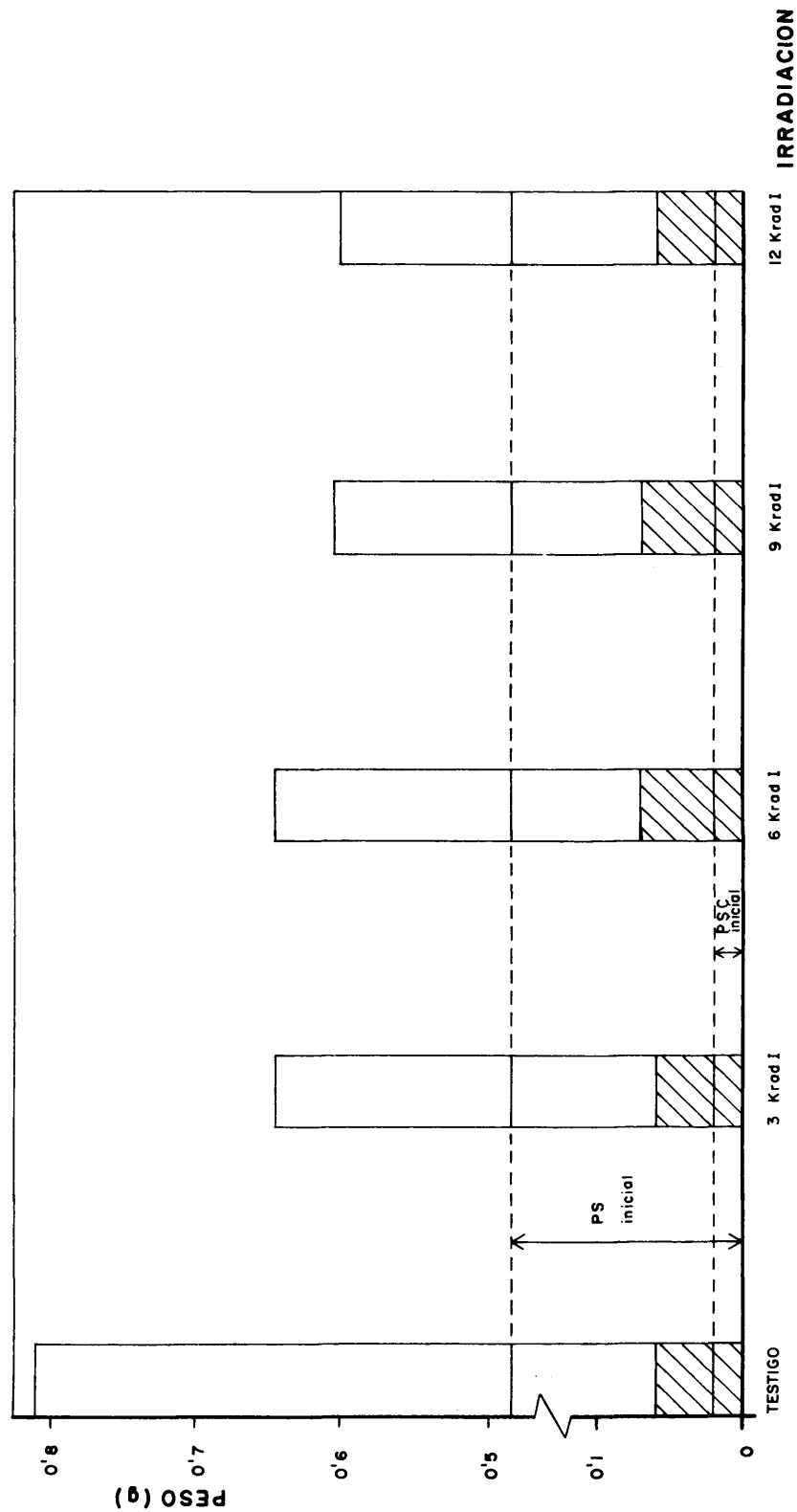


Fig. 47.—Variación del peso seco (PS) y peso seco corregido (PSC) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Enero. I: irradiación de Noviembre.

TABLA XLIV

Variación del peso fresco, peso seco, % de humedad y peso seco corregido en los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Marzo. El peso fresco inicial fue de 2.482 mg (c.v. = 3'7) con un 81'9 % de humedad (c.v. = 2'4), siendo el peso seco corregido inicial de 26'5 mg. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Tejidos procedentes de: <u>Tratamientos</u>		TEJIDOS SEMBRADOS EN EL MES DE MARZO									
		TEJIDOS SEMBRADOS EN EL MES DE MARZO					TEJIDOS SEMBRADOS EN EL MES DE MARZO				
		Peso fresco (mg)		Peso seco (mg)		Humedad (%)		Peso seco corregido (mg)			
		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo		5.116	16'6	558'2	12'9	89'1	0'9	65'9			
3 Krad	I	4.587	12'4	642'6	11'8	86'0	1'9	64'9			
	II	4.819	8'4	578'7	11'3	88'0	2'4	104'8			
6 Krad	I	4.174	10'0	615'7	14'4	85'3	2'2	72'6			
	II	4.672	9'8	509'3	12'1	89'1	1'7	57'2			
9 Krad	I	4.407	10'0	683'5	10'4	84'5	1'9	72'7			
	II	4.968	7'6	624'0	8'6	87'4	1'3	91'2			
12 Krad	I	5.839	17'6	597'0	10'5	89'8	1'9	82'4			
	II	5.890	9'0	660'3	8'9	88'8	0'8	90'7			

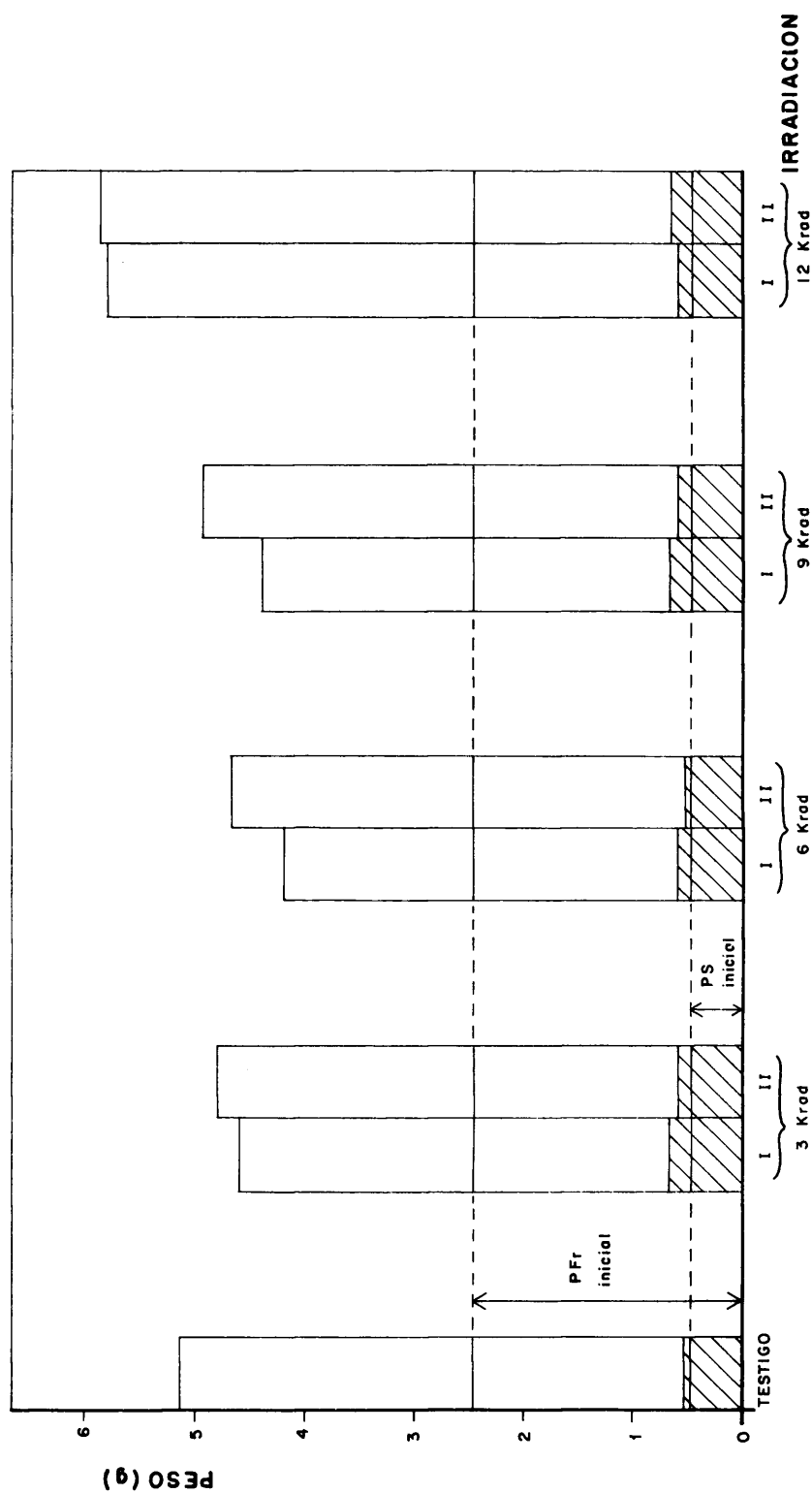


Fig. 48.—Variación del peso fresco (PFR) y peso seco (PS) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Marzo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

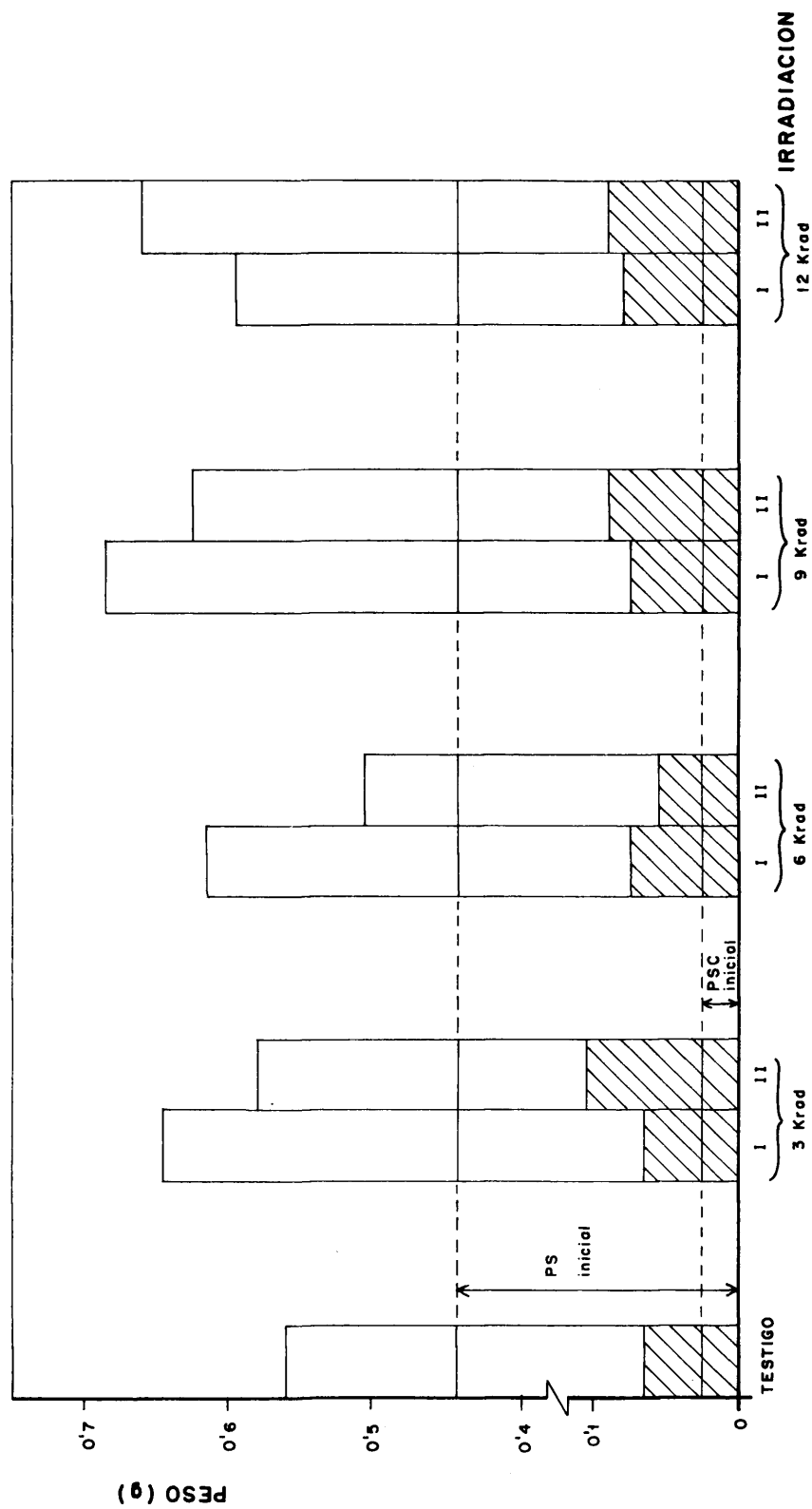


Fig. 49.—Variación del peso seco (PS) y peso seco corregido (PSC) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Marzo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XLV

Incrementos de peso fresco, peso seco y peso seco corregido en los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero y Marzo, de tubérculos testigo e irradiados después de cuatro meses de cultivo. Los valores se expresan en mg

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Tejidos procedentes de:		TEJIDOS SEMBRADOS EN ENERO				TEJIDOS SEMBRADOS EN MARZO			
Tratamientos	I II	TEJIDOS SEMBRADOS EN ENERO				TEJIDOS SEMBRADOS EN MARZO			
		Incremento de p.fresco	Incremento de p. seco	Incremento de p. seco corregido.	Incremento de p.fresco	Incremento de p. seco	Incremento de p. seco corregido.	Incremento de p. seco	Incremento de p. seco corregido.
Testigo	I	1.814	320'2	38'6	2.634	110'2	39'5		
	II	1.321	155'5	41'8	2.105	194'6	38'4		
3 Krad	I	-	-	-	2.337	130'7	78'3		
	II	1.476	159'1	47'5	1.692	167'7	46'1		
6 Krad	I	-	-	-	2.190	61'3	30'7		
	II	1.227	117'0	48'0	1.925	235'5	46'2		
9 Krad	I	-	-	-	2.486	176'0	64'7		
	II	1.401	113'0	37'0	3.357	149'0	55'9		
12 Krad	I	-	-	-	3.408	212'3	64'2		
	II	-	-	-	-	-	-		

3.2.1.3. Actividad respiratoria

Los resultados obtenidos sobre el consumo de oxígeno en cortes de parénquima inicialmente y al final del periodo de cultivo, se expresan en la Tabla XLVI. En la Fig. 50 se representan los resultados correspondientes a los tejidos testigo e irradiados en Noviembre y sembrados en Enero y los correspondientes a los tejidos testigo e irradiados, en Noviembre y en Enero, y sembrados en Marzo.

3.2.1.4. Acido ascórbico

En la Tabla XLVII se detallan los resultados obtenidos sobre el contenido de ácido ascórbico en los tejidos de cada tratamiento en el momento inicial y después de cuatro meses de cultivo.

Los resultados correspondientes a los tejidos testigo e irradiados en Noviembre y sembrados en Enero, y los correspondientes a los tejidos testigo e irradiados, en Noviembre y en Enero, y sembrados en Marzo, se representan en la Fig. 51.

TABLA XLVI

Variación de la actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero de tubércu-
los testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Los valores se expresan en
µl oxígeno consumido/mg de materia seca · hora. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradia-
ción de Enero

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Tejidos proce- dentes de: Trata- mientos	I II	TEJIDOS SEMBRADOS EN ENERO				TEJIDOS SEMBRADOS EN MARZO			
		inicial		final		inicial		final	
		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo	I	0'278	3'6	0'716	4'8	0'175	5'4	0'819	5'0
	II	0'280	13'8	0'348	18'6	0'184	5'4	0'413	19'8
3 Krad	I	-	-	-	-	0'199	8'6	0'673	2'1
	II	0'353	16'0	0'451	23'2	0'244	13'6	0'447	17'2
6 Krad	I	-	-	-	-	0'280	10'1	0'508	22'2
	II	0'304	12'3	0'435	5'6	0'238	13'9	0'507	9'0
9 Krad	I	-	-	-	-	0'167	8'4	0'590	16'7
	II	0'335	12'7	0'304	10'9	0'259	10'2	0'771	17'1
12 Krad	I	-	-	-	-	0'208	8'3	0'717	18'9
	II	-	-	-	-	-	-	-	-

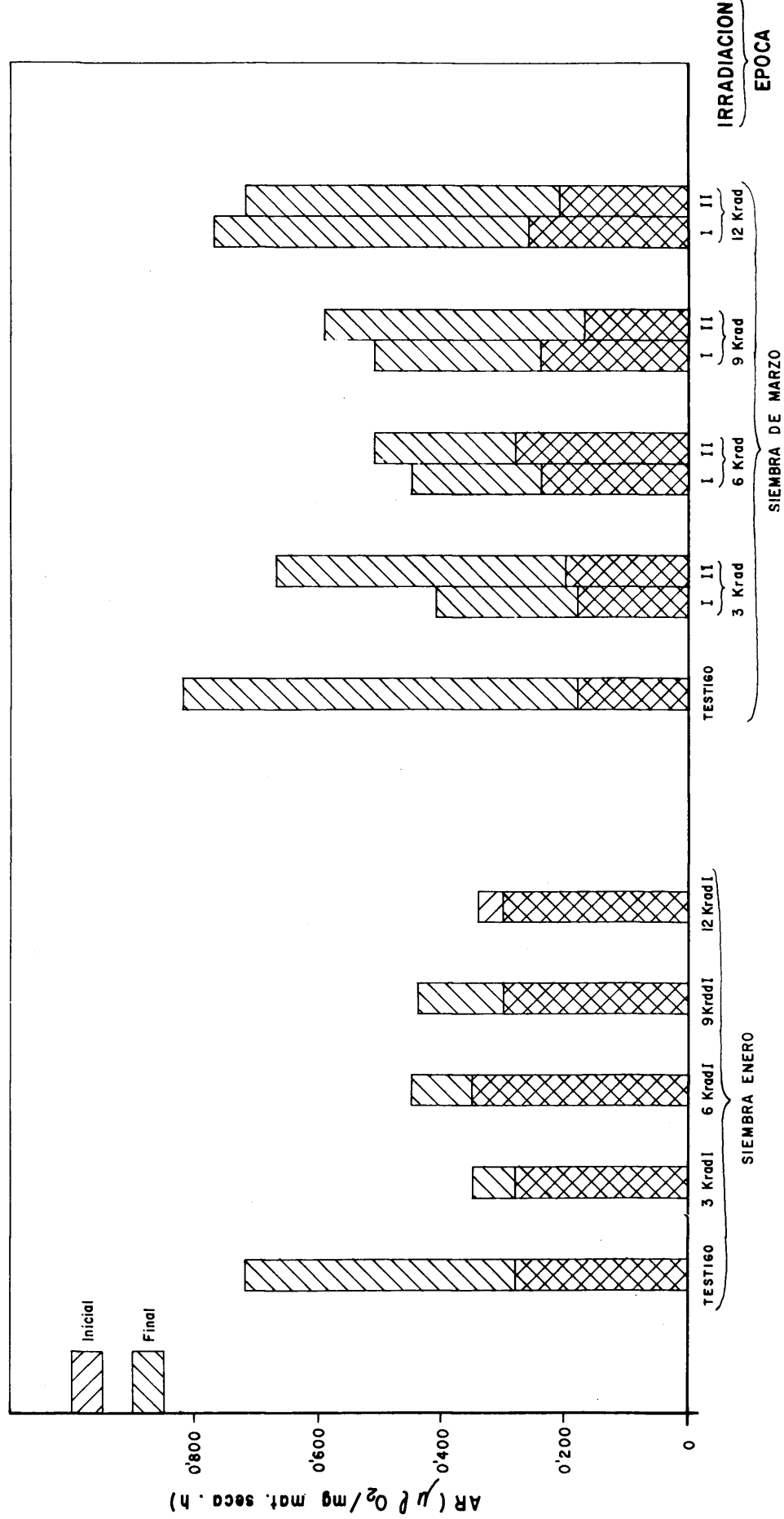


Fig. 50.—Variación de la actividad respiratoria (AR) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XLVII

Variación del contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Los valores se expresan en mg/100 g de peso fresco. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero.

v.m. = valor medio; c.v. = coeficiente de variabilidad

Tejidos procesados de: Tratamientos	I II	TEJIDOS SEMBRADOS EN ENERO				TEJIDOS SEMBRADOS EN MARZO			
		inicial		final		inicial		final	
		v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)	v.m.	c.v. (%)
Testigo	I	11'2	8'9	10'6	2'3	3'9	24'7	4'6	13'6
	II	10'3	8	5'1	19'7	3'5	27'4	9'8	17'7
3 Krad	I	-	-	-	-	8'6	11'6	5'5	18'3
	II	10'1	9'8	7'8	12'8	5	11'8	4'4	22'1
6 Krad	I	-	-	-	-	7'5	9'4	6'6	13'7
	II	9'2	10'9	6'0	16'7	4	10'9	8'6	11'6
9 Krad	I	-	-	-	-	7'2	10'9	5'3	10'4
	II	10'1	9'9	6'9	14'9	6'3	15'8	3'4	13'3
12 Krad	I	-	-	-	-	6'0	15'1	2'5	12'3
	II	-	-	-	-	-	-	-	-

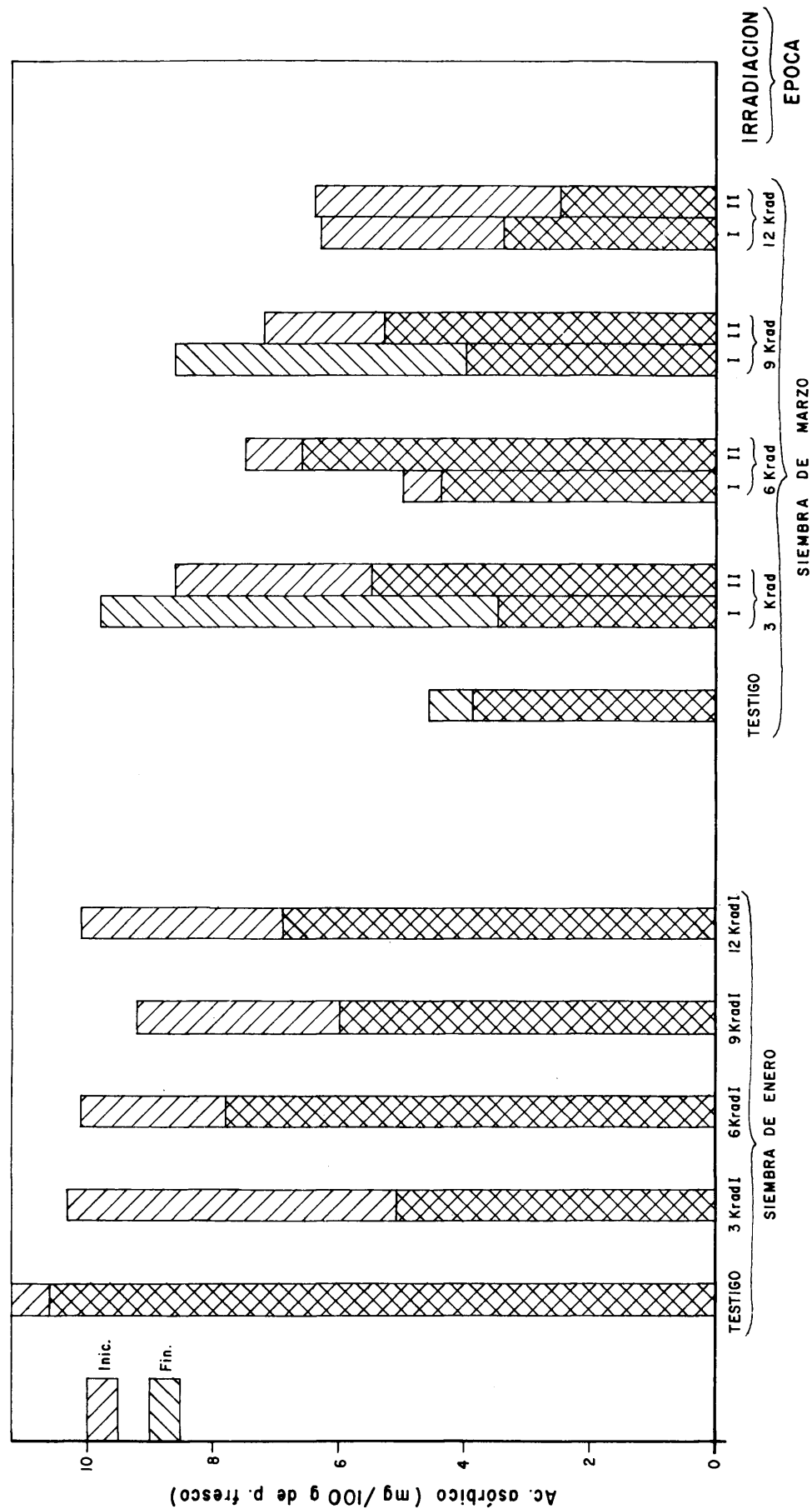


Fig. 51.—Variación del contenido en ácido ascórbico en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

3.2.1.5. Conductividad

Los valores de conductividad para los tejidos de cada siembra, inicialmente y al final del periodo de cultivo, así como los correspondientes al medio nutritivo se expresan en la Tabla XLVIII y en la Fig. 52 se representan los valores correspondientes a los tejidos sembrados en Enero y en Marzo.

3.2.1.6. pH

En la Tabla XLIX se reflejan los valores de pH en el medio nutritivo y en los tejidos de cada siembra, en el momento inicial y al final del periodo de cultivo. Los resultados correspondientes a los tejidos sembrados en Enero y Marzo se representan en la Fig. 53.

TABLA XLVIII

Variación de la conductividad de los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Los valores se expresan en milimhos/cm.

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Tejidos procesados de: Tratamientos	I II	TEJIDOS SEMBRADOS EN ENERO						TEJIDOS SEMBRADOS EN MARZO					
		Tejido			Medio nutritivo			Tejido			Medio nutritivo		
		Inicial	Final		Inicial	Final		Inicial	Final		Inicial	Final	
Testigo	I	0'165	0'134		1'449	0'744		0'193	0'106		1'635	0'358	
	II	0'155	0'157		1'449	1'101		0'217	0'175		1'635	0'344	
3 Krad	I	-	-		-	-		0'194	0'171		1'635	0'393	
	II	0'163	0'174		1'449	0'869		0'194	0'166		1'635	0'388	
6 Krad	I	-	-		-	-		0'173	0'168		1'635	0'374	
	II	0'156	0'244		1'449	1'059		0'173	0'244		1'635	0'395	
9 Krad	I	-	-		-	-		0'157	0'120		1'635	0'375	
	II	0'146	0'166		1'449	0'724		0'137	0'067		1'635	0'338	
12 Krad	I	-	-		-	-		0'162	-		1'635	-	
	II	-	-		-	-		-	-		-	-	

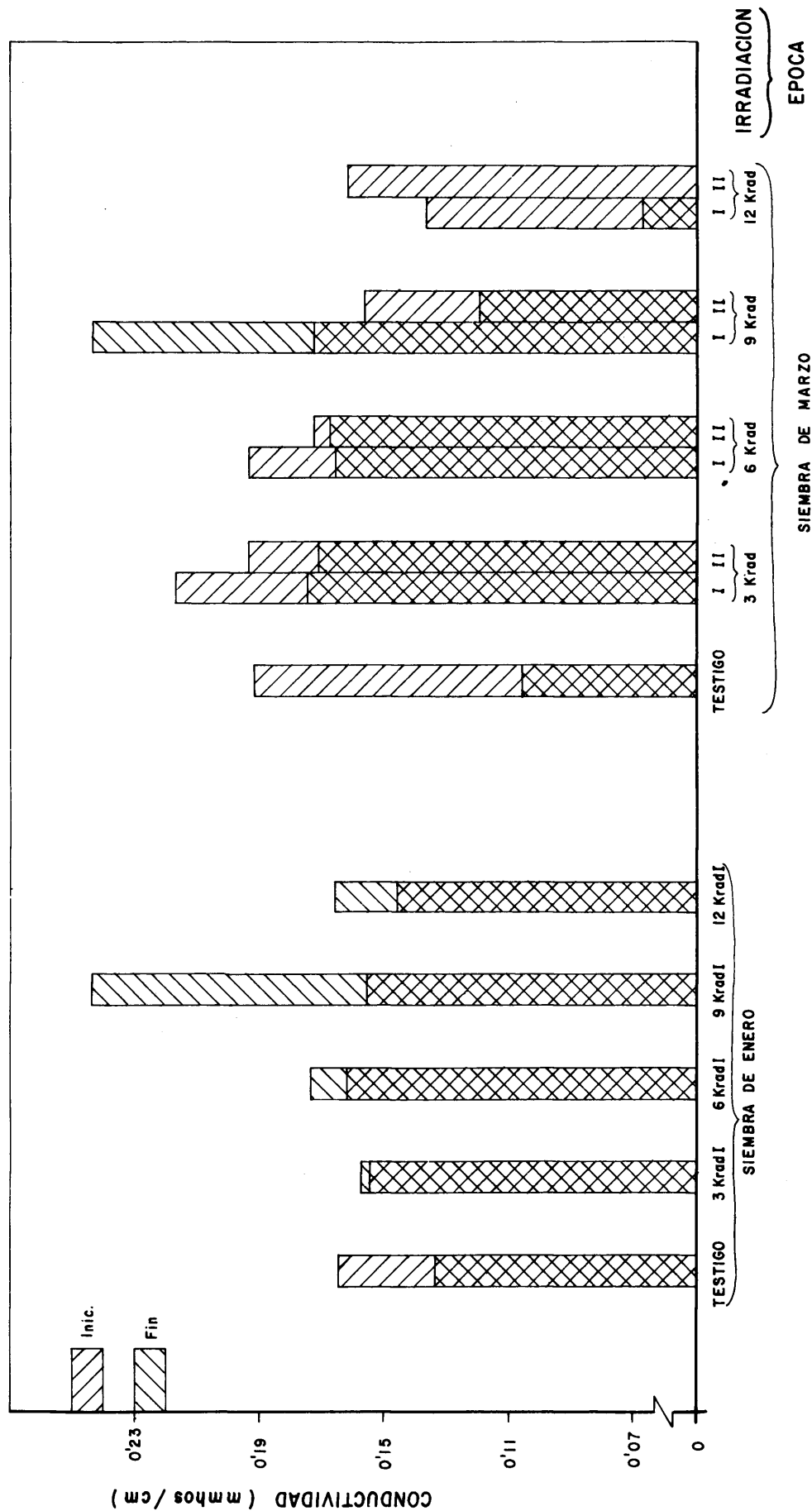


Fig. 52.—Variación de la conductividad de los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

TABLA XLIX

Variación del pH de los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de

Enero

Tejidos procedentes de: <u>Tratamientos</u>		TEJIDOS SEMBRADOS EN ENERO						TEJIDOS SEMBRADOS EN MARZO					
		Tejido			Medio nutritivo			Tejido			Medio nutritivo		
		Inicial	Final		Inicial	Final		Inicial	Final		Inicial	Final	
Testigo	I	6'65	6'32		5	5'72		6'60	5'80		5	5'52	
	II												
3 Krad	I	6'5	6'08		5	5'7		6'45	5'96		5	4'99	
	II	-	-		-	-		6'53	5'80		5	5'07	
6 Krad	I	6'2	6'07		5	5'7		6'12	6'08		5	5'31	
	II	-	-		-	-		6'23	5'98		5	5'3	
9 Krad	I	6'4	6'22		5	5'25		6'24	5'81		5	5'03	
	II	-	-		-	-		6'13	5'75		5	4'93	
12 Krad	I	6'35	6'04		5	5'58		6'35	5'70		5	5'25	
	II	-	-		-	-		6'30	-		5	-	

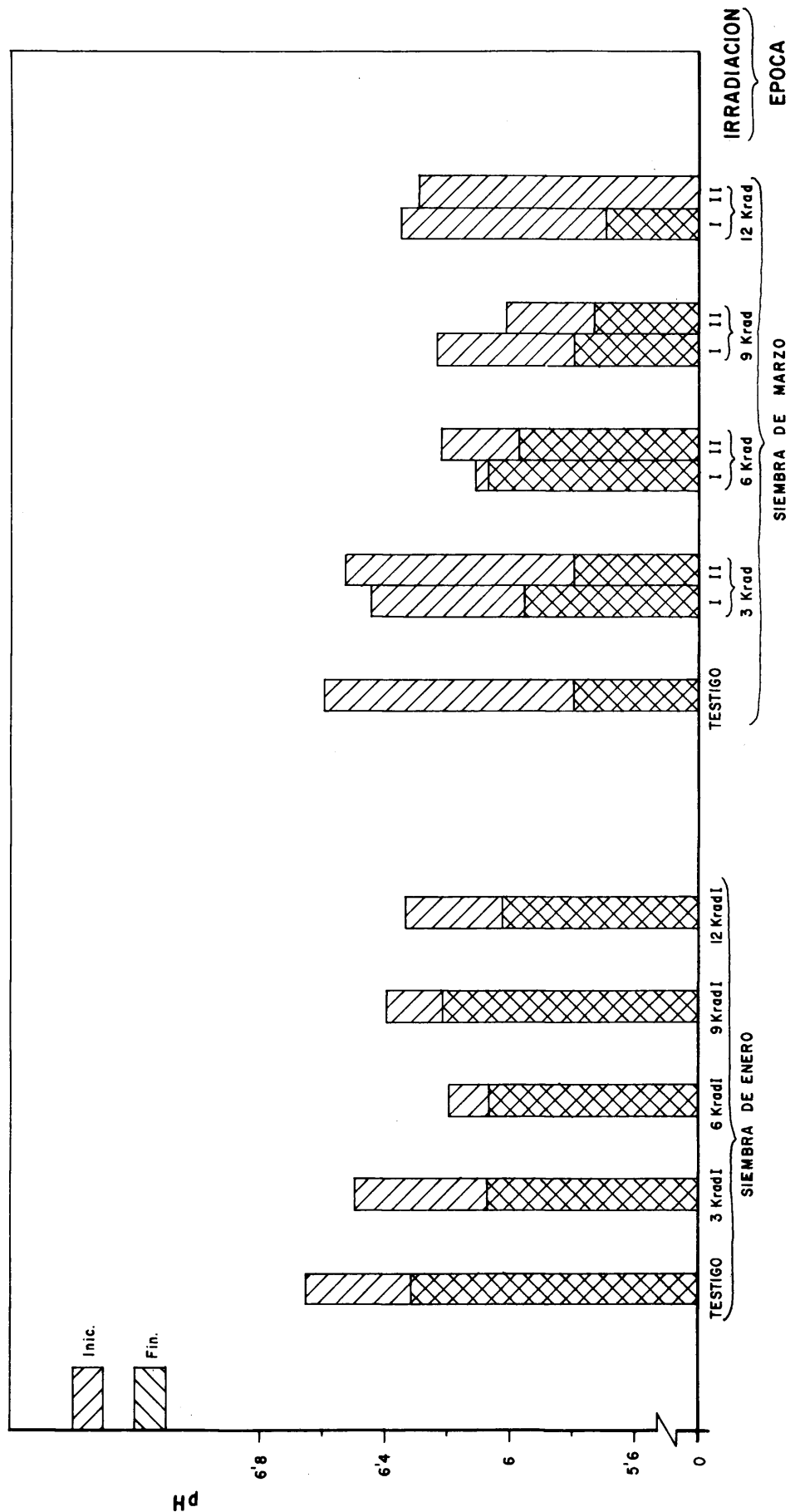
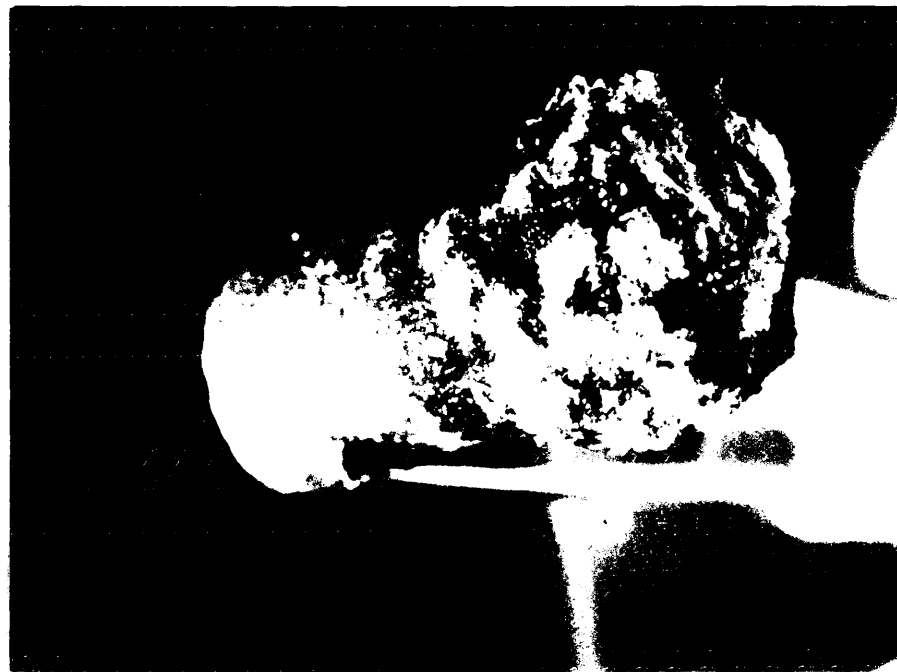


Fig. 53.—Variación del pH de los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. I: irradiación de Noviembre; II: irradiación de Enero.

3.2.1.7. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales

El porcentaje de infecciones fue normal y no hubo diferencias entre las observadas en los tejidos testigo e irradiados, pudiéndose apreciar un 27 % como promedio de los tubos infectados en cada siembra al final de los cuatro meses de cultivo.

Referente a la formación de pigmentos se observa, en general, en ambas siembras, que en los tejidos procedente de tubérculos testigo se forma clorofila en la parte que no está en contacto con el medio nutritivo, siendo más débil en los tejidos de tubérculos irradiados con 3,6 y 9 Krad. Los tejidos de tubérculos irradiados con 12 Krad tienen color ocre y presentan un aspecto resquebrajado. En la Fig. 54 se muestra el aspecto de los tejidos, testigo e irradiados con 12 Krad, al final del periodo de cultivo.



A



B

Fig. 54.- Aspecto de los tejidos al final del periodo de cultivo. A: testigo; B: irradiado con 12 Krad.

3.2.2. Estudio comparativo del desarrollo de tejidos procedentes de tubérculos sometidos a cuatro tratamientos

A la vista de los resultados obtenidos con los tejidos de tubérculos testigo e irradiados, en los que se observan claras diferencias en cuanto a la formación de protuberancias, se planteó una experiencia con tejidos procedente de tubérculos que habían recibido cuatro tratamientos distintos (irradiación, IPC, HM y refrigeración) , con objeto de poder establecer un test biológico que determine, de forma inequívoca, si un tubérculo ha sido irradiado o no.

Los tubérculos utilizados fueron también de variedad Arran Banner, y la siembra se realizó a los dos meses del tratamiento. Los resultados correspondientes a la formación de protuberancias en los tejidos de tubérculos tratados y testigo, a lo largo del periodo de cultivo, se reflejan en la Tabla L.

A las dos semanas se observó comienzo de proliferación en los fragmentos de parénquima de tubérculos testigo y tratados con IPC, y al mes se observó también en los tejidos de tubérculos tratados con refrigeración y HM, siendo en estos últimos de forma irregular, y muy intensa en los tejidos de tubérculos testigo y tratados con IPC.

Con objeto de seguir el desarrollo en el tiempo para ver si había una regeneración en los tejidos que no habían brotado, se prolongó la observación durante año y medio y, como resumen, se puede decir que al final de este periodo, los tejidos irradiados seguían sin brotar, mientras los demás habían consumido el medio nutritivo.

En la Fig. 55 se muestra el estado de los tejidos de tubérculos testigo después de un mes de cultivo. El aspecto de los tejidos de tubérculos irradiados con 9 Krad y tratados con IPC, después de un mes de cultivo, se muestra en la Fig. 56, y en la Fig. 57 el de los tejidos de tubérculos tratados con HM y frío.

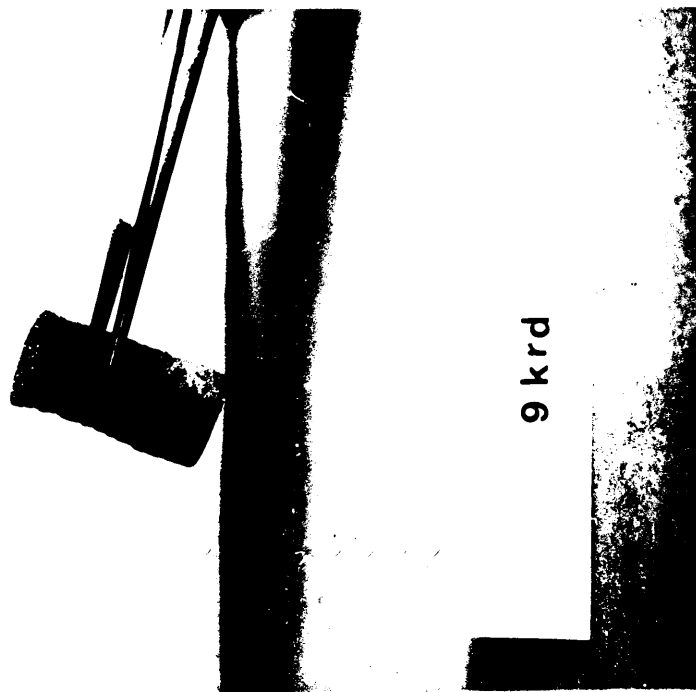
TABLA I

Evolución de la proliferación celular en los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo, irradiados con 9 Krad y tratados por IPC, HM y frío (θ = ausencia de proliferación; + = proliferación; ++, etc. según la intensidad)

	SEMANAS TRANSCURRIDAS DESDE LA SIEMBRA					
	1	2	3	4	6	8
Tratamientos						
Testigo	⊖	+	++	++	+++	++++
Irradiado	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖	⊖
IPC	⊖	++	+++	+++	++++	++++
HM	⊖	⊖	⊖	+	+	+
Refrigerado	⊖	⊖	⊖	++	++	++++



Fig. 55.- Aspecto de los tejidos procedentes de
tubérculos testigo después de un mes
de cultivo.



9 krd



Tuberite

Fig. 56.- Aspecto de los tejidos procedentes de tubérculos irradiados con 9 Krad y tratados con IPC (tuberite), después de un mes de cultivo.

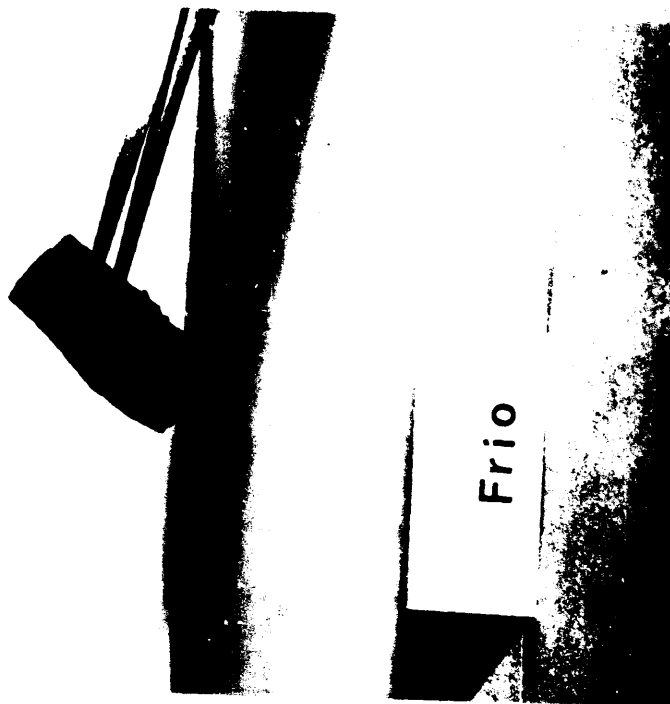


Fig. 57.- Aspecto de los tejidos procedentes de tubérculos tratados con HM y con frío después de un mes de cultivo.

4. DISCUSION DE RESULTADOS

4. DISCUSION DE RESULTADOS

4.1. TUBERCULOS DE PATATA

4.1.1. Brotación

La formación de brotes en los tubérculos testigo comenzó a los dos meses y medio de la recolección, ya que la variedad Arran Banner es de brotación rápida, y se alcanzó el máximo de brotación a los seis meses y medio de la recolección. El proceso sigue una ley sigmoide según se puede apreciar en la Fig. 16. Una característica que se observa en los valores medios de brotación (longitud total y número de brotes por tubérculo brotado), es el alto coeficiente de variabilidad (del orden del 60 %), lo cual indica el escalonamiento natural en que ocurre la aparición y desarrollo de los brotes.

En los tubérculos irradiados se observó una proporcionalidad entre la dosis de irradiación y la inhibición de la brotación, apreciándose también variaciones según la época de irradiación. En los tubérculos irradiados en Noviembre se observa un efecto muy marcado de la ra-

diación sobre la brotación de los tubérculos, de tal manera que con la dosis de 6 Krad no se produce brotación, y en los tubérculos irradiados con 3 Krad, aunque se producen brotes, la diferencia con respecto al testigo, al cabo de 6 meses de almacenamiento, es altamente significativa. En los tubérculos irradiados en Enero se observa que son menos sensibles a la radiación que los irradiados en Noviembre, ya que en la dosis de 6 Krad sí que se produjeron casos de brotación, aunque el CAVR, a los seis meses de almacenamiento, es muy bajo (del orden del 6'7 %).

Sobre la influencia de la época de irradiación en los tubérculos irradiados con 3 Krad, se puede decir que los irradiados en Noviembre tienen menor porcentaje de brotación, pero los que brotan, lo hacen con más brotes y más largos que los irradiados en Enero con la misma dosis. En estos últimos, por el contrario, se observa un mayor porcentaje de brotación pero, a diferencia de los irradiados en Noviembre, los brotes por tubérculo son menos numerosos y más cortos, como se dijo anteriormente. Debido a que la brotación es más abundante en los tubérculos irradiados en Enero, se explica que la longitud total de los brotes de estos tubérculos sea mayor que la de los irradiados en Noviembre.

Las diferencias que se observan en los valores de brotación de los tubérculos irradiados con 3Krad, en Noviembre y en Enero, son significativas en cuanto al número de brotes por tubérculo brotado durante todo el tiempo de almacenamiento, pero en cuanto a la longitud total de los brotes por tubérculo brotado solo son significativas durante los cuatro primeros meses de almacenamiento.

Según la interpretación de García Collantes (1974), las diferencias que se observan entre la irradiación temprana y tardía se deben al hecho de que cuando se irradiaron los tubérculos en época tardía ya existía un cierto número de divisiones celulares. El fenómeno de brotación se produce como consecuencia de divisiones mitóticas seguidas de alargamiento celular, siendo más sensible a la radiación el primer proceso. Por este motivo, las dosis bajas de irradiación producen inhibición de nuevas divisiones celulares, pero no impiden el alargamiento de las células ya formadas por mitosis anteriores.

En el caso de la irradiación tardía, en que los brotes tienen realizadas un cierto número de divisiones celulares, si la dosis es baja, se puede producir brotación aparente por fenómeno de alargamiento, siendo, por este motivo, necesarias dosis más elevadas para impedir completamente la manifestación de los brotes.

En los tubérculos irradiados con dosis de 9 y 12 Krad se observó inhibición total de la brotación, tanto en la irradiación de Noviembre como en la de Enero, lo que parece indicar que además de las divisiones se inhibe el alargamiento celular. En cuanto a los tubérculos tratados con IPC, la inhibición fue prácticamente total, ya que al cabo de cinco meses solo se observa un 13 % de brotación, siendo muy pequeño el desarrollo de la parte vegetativa de estos tubérculos respecto al que se observa en los tubérculos testigo (del orden de unas 200 veces mayor).

Resumiendo, se puede decir que dosis mayores o iguales a 9 Krad producen inhibición de la brotación de los tubérculos, tanto si se irradian al poco tiempo de la recolección como al final del periodo de reposo, dosis de 6 Krad producen inhibición solo cuando se irradian en el estado inicial de reposo, y dosis de 3 Krad no producen inhibición, independientemente de la época en que se realice el tratamiento.

4.1.2. Variación de peso

Referente al peso fresco, inicialmente no se observan claras diferencias en cuanto a las pérdidas debidas a la actividad fisiológica de los tubérculos de cada tratamiento, siendo el origen de estas pérdi

das la transpiración y respiración principalmente. Después de seis meses de la irradiación de Noviembre y cuatro de la de Enero, se aprecian diferencias altamente significativas entre las pérdidas habidas en los tubérculos testigo y los irradiados con las diferentes dosis, siendo las pérdidas en los irradiados con 6, 9 y 12 Krad menores cuanto mayor es la dosis. Los tubérculos irradiados en Noviembre con 3 Krad, durante los cuatro primeros meses de almacenamiento, son los que perdieron menos peso, tal vez debido a que fueron los que presentaron menos actividad respiratoria, pero a partir del cuarto mes, en que empezaron a brotar, estas pérdidas se incrementaron.

Los tubérculos tratados con IPC se comportaron de modo análogo a los irradiados en Noviembre con 9 Krad, excepto en las dos últimas observaciones en que perdieron más que estos, lo cual parece estar relacionado con la formación de esbozos de brotes, ya que según se vio en el apartado 4.1.1, en esa época se observaron algunos brotes en los tubérculos tratados con IPC.

Según se observa en la Tabla XIV, los tubérculos irradiados en Noviembre sufren menores pérdidas fisiológicas que los irradiados en Enero, siendo las

diferencias altamente significativas en todas las dosis excepto en la de 6 Krad a los cinco meses y medio de la recolección.

En cuanto a la pérdida del valor comercial, considerando como pérdida, además de la fisiológica, el peso de los brotes, se observa que en los tubérculos testigo las pérdidas por brotación son del mismo orden que las fisiológicas a los cuatro meses y medio de la recolección, época en que la brotación es muy activa, pero a los seis meses y medio, debido a que la brotación no aumenta al ritmo observado a los cuatro meses, las pérdidas por brotación son menores que las fisiológicas (del orden del 20 %). En los tubérculos irradiados, tanto en Noviembre como en Enero, con bajas dosis (3 Krad), las pérdidas por brotación con respecto a las fisiológicas, son mayores a los seis meses que a los cuatro, debido sin duda, al retraso que llevan en la brotación con respecto al testigo.

En general, según se aprecia en la Fig. 21, después de seis meses, las pérdidas del valor comercial son poco importantes y prácticamente iguales en los tubérculos irradiados en Noviembre y en Enero con dosis de 6, 9 y 12 Krad, y en los tratados con IPC, siendo bastante importantes en los tubérculos irradiados en Noviembre y en Enero con 3 Krad, pero in-

cluso en estos tubérculos, las pérdidas son algo superiores a la mitad de las habidas en los tubérculos testigo.

Con respecto al peso seco, se observa que en los tubérculos testigo (sin considerar la materia seca de los brotes), hay una reducción al cabo de cuatro meses de almacenamiento de un 19 % con respecto a la materia seca inicial, y en los tubérculos tratados la reducción que se observa es solamente de un 11 % aproximadamente con respecto a la materia seca inicial.

Resumiendo, se puede decir que, las pérdidas fisiológicas disminuyen en los tubérculos irradiados con respecto al testigo, siendo estas pérdidas menores al aumentar la dosis de irradiación. Con respecto a la época de irradiación las pérdidas son menores si se irradian los tubérculos al principio del periodo de reposo que si se tratan al final de éste. Las pérdidas de peso comerciales son muy importantes en los tubérculos testigo y en los irradiados con 3 Krad en Noviembre y en Enero, y poco importantes en los tubérculos irradiados con 6, 9 y 12 Krad, en ambas épocas, y en los tratados con IPC. Comparando entre sí las variaciones en peso seco de los tubérculos tratados con IPC e irradiados, se puede decir que las pérdidas son análogas en todos ellos, pero siempre menores que

las habidas en el testigo.

4.1.3. Actividad respiratoria

Después de la recolección hay un máximo en la actividad respiratoria de los tubérculos testigo, que disminuye posteriormente para volver a alcanzar otro máximo (de menor valor que el inicial) en la época de brotación activa.

En los tubérculos tratados con IPC se observa una ligera reducción inicial en el consumo de oxígeno con respecto al testigo, y el valor de esta actividad respiratoria se mantiene constante a lo largo del almacenamiento. En los tubérculos irradiados se puede apreciar que, mientras en las dosis de 3 y 6 Krad se observa inicialmente un ligero descenso, en el valor de la actividad respiratoria con respecto al testigo, en las dosis de 9 y 12 Krad se observa un incremento considerable en el valor inicial. A lo largo del tiempo se aprecia en todos los tubérculos de los lotes irradiados, un descenso paulatino de la actividad respiratoria.

Con respecto a la época de irradiación se ve que, salvo en las dosis altas, no hay diferencias significativas en cuanto a la tasa de respiración de los tubérculos irradiados con la misma dosis.

Comparando el consumo de oxígeno entre los tubérculos irradiados en Noviembre con 3 y 6 Krad se observa que si bien inicialmente los valores son análogos, en el momento en que comienza la brotación, la respiración es superior en los irradiados con 6 Krad que en los irradiados con 3 Krad, y esta diferencia se mantiene hasta el final del periodo de observación. Este hecho explica el que, a pesar de que la actividad vegetativa relativa en los tubérculos irradiados con 3 Krad, es mayor que en los de 6 Krad, las pérdidas de peso fisiológicas en estos últimos sean mayores que en los primeros, según se vio en el apartado 4.1.2.

Según las observaciones de Metlitskii y colaboradores (1957), Michiels (1967b), Sandret (1970), etc., por efecto de la irradiación se aprecia un incremento en la actividad respiratoria de los tubérculos, lo cual está de acuerdo con los datos obtenidos en nuestra experiencia para las dosis de 9 y 12 Krad. En la opinión de Rubin y Metlitskii (1961) el incremento inicial del consumo de oxígeno se atribuye a una estimulación en la actividad de la citocromooxidasa, y según los datos publicados por el ORNL (1968), la disminución que se observa en la actividad respiratoria de los tubérculos irradiados, a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, se

debe a las alteraciones que se producen en el proceso de la fosforilación oxidativa.

Respecto a los enzimas respiratorios estudiados, se observa en los tubérculos testigos que:

- La actividad de la succinodeshidrogenasa aumenta durante los tres primeros meses, manteniéndose constante el resto del tiempo.

- La actividad de la NADH-deshidrogenasa, por el contrario, sufre un descenso inicial durante los tres primeros meses y, posteriormente, se recupera para alcanzar un valor análogo al que tenía inicialmente.

- La actividad de la polifenoloxidasa aumenta durante los tres primeros meses y disminuye durante los dos siguientes.

En los tubérculos tratados con IPC e irradiados a dosis de 6 Krad y superiores, se observa un marcado incremento con respecto al testigo en la actividad de la succinodeshidrogenasa durante los tres primeros meses y, a continuación, se produce un decrecimiento que llega a producir valores inferiores a los obtenidos en el testigo, a los cinco meses del tratamiento. La dosis de 3 Krad no produce efectos sensibles en la actividad de la succinodeshidrogenasa con respecto al testigo. Estos resultados están de acuerdo con los citados por Smith (1968).

La actividad de la NADH-deshidrogenasa se ve muy afectada por las dosis altas (9 y 12 Krad) y por el IPC en la fase inicial, alcanzando valores sensiblemente inferiores a los del testigo, pero a medida que transcurre el tiempo de almacenamiento, la actividad de este enzima aumenta en los irradiados mientras que en los testigo disminuye. Al cabo de cinco meses de almacenamiento la actividad de la NADH-deshidrogenasa en los tubérculos testigo, y en los tratados con IPC e irradiados con 9 y 12 Krad era semejante. En los tubérculos irradiados con dosis de 6 Krad se observa una reducción con respecto al testigo inferior a la observada con dosis altas, permaneciendo este valor inalterado al cabo de cinco meses de almacenamiento. En los irradiados con 3 Krad, si bien, inicialmente, la actividad de la NADH-deshidrogenasa es análoga a la del testigo, posteriormente disminuye a lo largo del periodo de almacenamiento, alcanzando un valor final del 60 % respecto al testigo.

Sobre la influencia de la irradiación en la actividad de la NADH-deshidrogenasa no se dispone de referencias bibliográficas, únicamente se sabe que, en general, las deshidrogenasas son más activas en los tubérculos irradiados que en los testigos (Smith, 1968). Este efecto lo observamos en nuestra experiencia a los dos meses y medio del tratamiento, si bien,

inicialmente, se observó una reducción con respecto al testigo que aumentaba al aumentar la dosis de irradiación.

Con idea de poder relacionar la actividad de estos dos enzimas con el consumo global de oxígeno en el parénquima amilífero, en la Tabla LI, se expresan los resultados en μ moles de oxígeno consumido por minuto y por gramo de peso seco. Estas diferencias indican que se ha perdido gran parte de la actividad enzimática que tenían "in vivo" durante el aislamiento.

Con respecto a la actividad de la polifenoloxidasa se observa que inmediatamente después del tratamiento hay un aumento en los tubérculos irradiados, mientras que en los tubérculos tratados con IPC se mantenía igual al testigo. A medida que va transcurriendo el tiempo de almacenamiento, tanto en los tubérculos tratados con IPC como en los irradiados, se observa que la actividad de este enzima disminuye con respecto a la de los tubérculos testigo. Estos resultados están de acuerdo con los encontrados por Metlitskii y colaboradores (1957), que observaron una disminución en la actividad de este enzima después de dos a cuatro meses de la irradiación, debido al distinto estado fisiológico en que se encuentran los tubérculos irradiados y testigo, y con los observados

TABLA LI

Comparación de los valores del consumo global de oxígeno y de las actividades enzimáticas de la succinico deshidrogenasa y NADH-deshidrogenasa de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en $\mu\text{moles O}_2/\text{min} \cdot \text{g}$ de peso seco. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero.

RG = respiración global; ASD = actividad de la succinico deshidrogenasa; AND = actividad de la NADH-deshidrogenasa

Meses transcurridos desde: II Tratamientos		0'5			2'5			4'5		
		0'5			0'5			2'5		
		RG	ASD	AND	RG	ASD	AND	RG	ASD	AND
TESTIGO		0'241	0'0051	0'0025	0'207	0'0098	0'0015	0'130	0'0100	0'0026
IPC		0'202	0'0098	0'0011	0'177	0'0183	0'0022	0'193	0'0068	0'0024
3 Krad	I	0'187	0'0058	0'0022	0'208	0'0102	0'0012	0'137	0'0094	0'0015
	II	-	-	-	0'202	0'0118	0'0016	0'148	0'0081	0'0012
6 Krad	I	0'222	0'0064	0'0017	0'263	0'0164	0'0026	0'181	0'0061	0'0017
	II	-	-	-	0'253	0'0121	0'0022	0'208	0'0070	0'0018
9 Krad	I	0'334	0'008	0'0012	0'226	0'0177	0'0021	0'177	0'0058	0'0026
	II	-	-	-	0'232	0'0161	0'0019	0'124	0'0061	0'0029
12 Krad	I	0'321	0'0079	0'0010	0'249	0'0245	0'0026	0'193	0'0077	0'0026
	II	-	-	-	0'170	0'0241	0'0027	0'155	0'0083	0'0024

por Ogawa y colaboradores (1968) y por Kilian y colaboradores (1972). Este último autor apreció una disminución en la actividad de la polifenoloxidasa de los tubérculos testigo al final del periodo de almacenamiento que está de acuerdo con lo observado en nuestra experiencia.

Comparando los valores de la Tabla LII, que expresa la actividad de los enzimas respiratorios del parénquima estudiados (succinodeshidrogenasa y NADH-deshidrogenasa), y la de la polifenoloxidasa del peridermo, referidas a un gramo de materia seca, se puede observar que la actividad de este último enzima es del orden de $3 \cdot 10^3$ veces mayor.

Según se dijo en el apartado 1.2.5.2.7., la polifenoloxidasa del tubérculo consume una cantidad de oxígeno 15 veces superior a la necesaria para la respiración normal. El observar en nuestra experiencia una diferencia mucho mayor se debe, sin duda, por una parte, a que el extracto enzimático de la polifenoloxidasa no sufrió tantas manipulaciones como el de los enzimas del parénquima, con lo que se perdió menos actividad y, por otra parte, a que la polifenoloxidasa se determinó en el peridermo, donde la actividad es mucho mayor que en el parénquima, según datos de Vámos-Vigyázó y Kiss-Kutz (1974). Al considerar el tubérculo globalmente, la cantidad de enzimas respi-

TABLA LII

Comparación de los valores de las actividades de los enzimas respiratorios del parénquima estudiados (succinicodehidrogenasa y NADH-deshidrogenasa) y de la polifenoloxidasas del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en $\mu\text{moles de O}_2/\text{min} \cdot \text{g de peso seco}$. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero. ASD = actividad de la succinicodehidrogenasa; AND = actividad de la NADH-deshidrogenasa; APO = actividad de la polifenoloxidasas

Meses transcurridos desde: II Tratamientos		0'5			2'5			4'5		
		0'5			0'5			2'5		
		ASD	AND	APO	ASD	AND	APO	ASD	AND	APO
TESTIGO		0'0051	0'0025	24'7	0'0098	0'0015	190'1	0'0100	0'0026	74'2
IPC		0'0098	0'0011	24'7	0'0183	0'0022	93'1	0'0068	0'0024	★
3 Krad	I	0'0058	0'0022	38'9	0'0102	0'0012	114'8	0'0094	0'0015	56'9
	II	-	-	-	0'0118	0'0016	152'4	0'0081	0'0012	★
6 Krad	I	0'0064	0'0017	72'1	0'0164	0'0026	116'4	0'0061	0'0017	64'3
	II	-	-	-	0'0121	0'0022	67'9	0'0070	0'0018	72'7
9 Krad	I	0'0080	0'0012	117'4	0'0177	0'0021	95'5	0'0058	0'0026	★
	II	-	-	-	0'0161	0'0019	97'7	0'0061	0'0029	★
12 Krad	I	0'0079	0'0010	71'8	0'0245	0'0026	136'8	0'0077	0'0026	★
	II	-	-	-	0'0241	0'0027	66'2	0'0083	0'0024	★

★ En esta época no quedaba material.

ratorios del parénquima frente a la de polifenoloxidasa es muy grande, y hace que la diferencia en el consumo de oxígeno, referido a unidad de peso, encontrada en nuestro caso (3.10^3 veces) se atenúe considerablemente.

No se ha podido hacer comparaciones estadísticas entre los valores obtenidos de las actividades enzimáticas estudiadas en los tubérculos de los distintos tratamientos, debido a que las fracciones enzimáticas se obtuvieron a partir de un solo extracto por lote, realizado a partir de una muestra de 500 g de tubérculos para los enzimas respiratorios y de 50 g de peridermo para la polifenoloxidasa.

4.1.4. Azúcares solubles

Las referencias bibliográficas sobre la incidencia de la irradiación en el contenido en azúcares solubles de los tubérculos se centran, en general, en los azúcares reductores, totales y sacarosa. Las diferencias más notables, entre los tubérculos irradiados y los testigo, se alcanzan en la semana que sigue a la irradiación, ocurriendo posteriormente una atenuación de estas diferencias.

En nuestra experiencia se observó en los tubérculos irradiados en Noviembre que, al cabo de un mes de efectuado el tratamiento, había un exceso de azú-

cares solubles en los lotes irradiados con 6, 9 y 12 Krad, mientras que en los de 3 Krad se mantenía igual que en los testigo, y en los tratados con IPC se observó una reducción considerable.

A lo largo del periodo de almacenamiento, en los tubérculos testigo se observa que en la época de brotación activa (unos tres meses después de la recolección) se produce un aumento en el contenido de azúcares solubles que va disminuyendo paulatinamente a medida que se desarrollan los brotes. En los tubérculos tratados con IPC el contenido en azúcares solubles no varía durante los tres primeros meses, ocurriendo después un aumento equivalente al que se aprecia en los tubérculos testigo, pero con un desfase de cerca de dos meses por efecto de la inhibición de la brotación que produce el IPC. En los tubérculos irradiados a 3 Krad, no se observan grandes variaciones en el contenido en azúcares solubles a lo largo del periodo de almacenamiento, mientras que en los irradiados a 6, 9 y 12 Krad se aprecia un aumento inicial respecto al testigo, seguido de una reducción paulatina, hasta llegar a alcanzarse valores análogos a los obtenidos en aquél, al cabo de los cinco meses de almacenamiento.

En los tubérculos irradiados en época tardía, se observa que inmediatamente después de la irradia-

ción, el contenido en azúcares solubles es mayor que el de los tubérculos irradiados con la misma dosis en época temprana. La explicación de este hecho hay que buscarla en que en esta época los tubérculos que se irradiaron en Enero, presentaban un alto contenido en azúcares reductores, ya que estaban al final del periodo de reposo, y el hecho de que los valores que se alcanzan en los irradiados sea menor que el que se obtuvo en los testigo, tal vez sea debido a que, por efecto inmediato de la irradiación, aumenta la actividad respiratoria y, como consecuencia, hubo un mayor consumo de azúcares solubles.

Los resultados observados en cuanto a la evolución de los tubérculos testigo, están de acuerdo con los publicados por Sandret y Davin (1971), Baraldi y Guerrieri (1971). Referente a la influencia de la irradiación, se observa que los incrementos obtenidos inicialmente, están de acuerdo con los datos referidos por Sandret y Michiels (1966), ORNL (1968), Baraldi y Guerrieri (1971), Sandret y Davin (1971), etc.

El hecho de que al final del periodo de observación no se noten diferencias significativas del contenido en azúcares solubles entre los tubérculos irradiados y los testigo, indica que la evolución fisiológica prosigue tanto si hay brotación como si no.

En cuanto al contenido en azúcares reductores, el comportamiento es similar al observado en azúcares solubles, excepto que en los tubérculos irradiados tempranamente con dosis de 3 Krad, se aprecia a lo largo del tiempo de almacenamiento una evolución similar a la que ocurre con dosis de 6, 9 y 12 Krad, y que al final del periodo de almacenamiento los azúcares reductores aumentan ligeramente en los tubérculos irradiados con dosis de 9 y 12 Krad respecto al testigo. Este hecho se explica porque en los tubérculos testigo los azúcares son consumidos por los brotes.

Al observar la Tabla XXVI se puede decir que en los tubérculos testigo, dentro de los azúcares totales, la proporción de reductores va disminuyendo mientras que la de sacarosa va aumentando. Este comportamiento se observa también en los tubérculos irradiados con 3 Krad. En los tubérculos tratados con IPC y en los irradiados con 6 y 9 Krad en época temprana, se aprecia que, durante los tres primeros meses, la proporción de azúcares reductores frente a totales no varía sensiblemente, ocurriendo al final de los cinco meses un ligero descenso. Los tubérculos irradiados con 12 Krad se comportan de manera completamente diferente, ya que inicialmente la proporción de azúcares reductores frente a totales es bastante menor que en los testigo, mientras que a me

dida que transcurre el tiempo de almacenamiento, ésta va aumentando contrariamente a lo que ocurría en los lotes restantes.

Al observar la Tabla XXV se puede apreciar que inicialmente en los tubérculos testigo los contenidos en glucosa, fructosa y sacarosa del tubérculo son prácticamente iguales. En la época del crecimiento activo de brotes, se observa que el incremento que ocurre en azúcares solubles, se debe a glucosa y sacarosa prácticamente por igual, y el incremento en azúcares reductores se debe totalmente a glucosa, observándose en el contenido en fructosa un ligero descenso con respecto al valor inicial. Al final del periodo de almacenamiento se observa que el descenso en azúcares solubles se debe fundamentalmente a glucosa, debido a que ésta es consumida por los brotes, mientras que en sacarosa solo se observa un ligero descenso.

Referente a los tubérculos irradiados con dosis superiores a 3 Krad se puede apreciar que, inicialmente el aumento observado en azúcares solubles, se debe fundamentalmente a glucosa y en menor proporción a sacarosa, mientras que respecto al contenido en fructosa se observa reducción con respecto al testigo. Como se dijo anteriormente, los tubérculos irradiados con 3 Krad no presentan diferencias respecto

al testigo en el contenido de azúcares reductores y totales, aunque en particular, se observa un aumento en el contenido en glucosa y un descenso en el de fructosa, y en los tubérculos tratados con IPC había una reducción que se debe a fructosa y sacarosa.

Estos resultados están de acuerdo con los referidos por Smith (1968), que observó, en tubérculos irradiados con dosis comprendidas entre 4 y 16 Krad, un aumento en glucosa y sacarosa, y un descenso en fructosa.

Al cabo de cinco meses no se observan cambios importantes en glucosa, fructosa y sacarosa en los tubérculos irradiados respecto al testigo. En cuanto a los tubérculos tratados con IPC se puede apreciar que el aumento observado en azúcares solubles respecto al testigo se debe parcialmente a sacarosa y principalmente a glucosa.

4.1.5. Acido ascórbico

El contenido en ácido ascórbico en los tubérculos testigo va decayendo a lo largo del periodo de almacenamiento. En los tubérculos tratados con IPC se observa un incremento considerable del contenido en ácido ascórbico en la época inicial y un descenso considerable a lo largo del periodo de almacenamiento, si

bien al cabo de cinco meses, el contenido en ácido ascórbico en estos tubérculos, sigue siendo superior al testigo, siendo la diferencia altamente significativa.

En los tubérculos irradiados en Noviembre con dosis de 3 Krad, la evolución del contenido en ácido ascórbico es análoga a la que se observa en los tubérculos testigo, y en los irradiados con dosis altas se aprecia inicialmente un ligero aumento que va decreciendo a lo largo del periodo de almacenamiento, pero, después de cinco meses de almacenamiento, la concentración en éstos es superior a la del testigo.

Respecto a la influencia de la época de irradiación en el contenido en ácido ascórbico, se observa que cuando el tratamiento se da en época tardía, se produce inicialmente un descenso en la concentración de ácido ascórbico respecto al contenido del testigo en ese momento, pero si se sigue la evolución posterior se puede apreciar que se reduce considerablemente la velocidad de disminución con respecto a la del testigo; por este motivo, al cabo de tres meses el contenido en ácido ascórbico de los tubérculos irradiados tardíamente es superior al de los testigo, siendo las diferencias respecto a todas las dosis, altamente significativas. Comparando el contenido en ácido ascórbico de los tubérculos irradiados en No-

viembre con los irradiados en Enero al final del periodo de almacenamiento, se observa que, excepto para la dosis de 12 Krad, el contenido en vitamina C fue siempre superior en los tubérculos irradiados en Enero.

Al contrastar estos resultados con las referencias bibliográficas consultadas, se aprecia que la evolución de los tubérculos testigo se comporta de modo análogo a la observada por Tagawa y Okazawa (1955), Charlampowicz y Sowinska (1965), García de Mateos y colaboradores (1969) y Grūnewald y Penner (1971). Estos autores observaron en sus trabajos una disminución del contenido en ácido ascórbico durante las distintas fases de desarrollo del tubérculo. Con respecto al efecto observado en los tubérculos tratados con IPC, sobre el contenido en ácido ascórbico, está de acuerdo con el apreciado por Baraldi y Guerrieri (1971) y Grūnewald y Penner (1971), si bien no observaron el incremento inicial con respecto al testigo, debido sin duda a que la primera determinación la hicieron prácticamente a los dos meses del tratamiento.

En cuanto al efecto de la irradiación, se aprecia en los resultados encontrados por Garcia de Mateos y colaboradores (1967), Baraldi y Guerrieri (1971), etc., un incremento con respecto al testigo a partir del cuarto mes del tratamiento, si bien no

observaron un incremento inicial respecto al testigo para dosis altas. Sin embargo Metlitskii y colaboradores (1957) no observaron ninguna diferencia.

Dado la importancia que tiene el contenido en vitamina C en las patatas, es de resaltar que por efecto de la irradiación se altera muy poco el contenido en esta vitamina y al final del periodo de almacenamiento los tubérculos irradiados contienen de un 20 a un 88% más de vitamina C que los testigo.

4.1.6. Acidos fenólicos

Debido a que la proporción de ácido clorogénico frente a cafeico en el peridermo de los tubérculos, es del orden de 20 veces en peso (aproximadamente 10 veces en concentración molar), la evolución del ácido clorogénico es la que determina prácticamente la evolución de los ácidos fenólicos del tubérculo de patata. Según se observa en la Tabla XXXIII, el contenido en ácidos fenólicos del peridermo de los tubérculos testigo aumenta desde el segundo hasta el cuarto mes de almacenamiento y disminuye durante los dos siguientes. El ácido cafeico, por el contrario, sufre un aumento progresivo a partir de los dos primeros meses de almacenamiento pero, debido a la pequeña cantidad existente frente al ácido clorofénico, las variaciones de este ácido influyen poco sobre la evolución de los ácidos fenólicos como se di-

jo anteriormente.

En los tubérculos tratados (irradiación e IPC) a diferencia de lo observado en los tubérculos testigo, el contenido en ácido clorogénico se mantiene prácticamente constante después de un mes y medio del tratamiento hasta el cuarto mes aproximadamente, excepto en los tubérculos irradiados con dosis de 12 Krad en que se aprecia un aumento análogo al observado en los testigo. A partir del cuarto mes ocurre, en general, un descenso similar al que ocurre en los testigo. Con respecto al contenido en ácido cafeico se observa, por el contrario, una clara disminución desde el segundo hasta el cuarto mes del tra tamiento, y un aumento durante los dos meses siguien tes.

Por efecto de la irradiación se aprecia un aumen to del contenido en ácido clorogénico en los tubérculos irradiados respecto al testigo, al mes y medio y a los tres meses y medio del tratamiento. Aunque inicialmente no se observan diferencias entre las distintas dosis, a los tres meses y medio se aprecia un aumento para las dosis altas. A los cinco meses y medio del tratamiento se observa reducción respecto al testigo del contenido en ácido clorogénico, excepto para las dosis de 6 y 12 Krad en que se observa un ligero aumento. Referente al ácido cafeico se observa

a los tres meses y medio del tratamiento una reducción respecto al testigo con todas las dosis en los tubérculos irradiados en Noviembre, y a los cinco meses y medio en los tubérculos tratados en las dos épocas.

Referente a la influencia de la época de irradiación en el contenido en ácido clorogénico, se aprecia que, en general, hay más en los tubérculos irradiados en Noviembre. Este fenómeno se observó con todas las dosis excepto con 9 Krad, debido sin duda al aumento que mostraban estos con respecto al testigo, en el momento de realizar la irradiación en el mes de Enero. El ácido cafeico, por el contrario, está en general más concentrado en los tubérculos irradiados en Enero, excepto a los tres meses y medio de la irradiación para la dosis de 9 Krad.

Resumiendo, podemos decir que se observa, en el contenido en ácidos fenólicos de los tubérculos testigo, un incremento durante los cuatro primeros meses de almacenamiento, resultados que están de acuerdo con los observados por Craft (1966), si bien a los seis meses observamos un descenso en dicho contenido. Este aumento en ácidos fenólicos se puede explicar por la reducción observada en la actividad de la polifenoloxidasas a partir del tercer mes de almacenamiento, resultados que están de acuerdo con los obtenidos por Bruinsma (1966) y Kilian y colaboradores (1972).

Por efecto de la irradiación se observa, en general, un aumento en el contenido en ácidos fenólicos (tanto en ácido clorogénico como en cafeico), resultados que están de acuerdo con los encontrados por Ogawa y colaboradores (1968), Smith (1968) y Kilian y colaboradores (1972). Este aumento en ácidos fenólicos en los tubérculos irradiados, observados al mes y medio y tres meses y medio después del tratamiento, puede explicarse por la reducción de la actividad de la polifenoloxidasa observada en esta última época.

4.1.7. Conductividad

Con objeto de comparar el valor inicial de la conductividad, en las tres épocas estudiadas, y la variación relativa respecto al testigo, en la Tabla LIII se recopilan estos valores para los tubérculos de los distintos tratamientos. Desde el segundo hasta el cuarto mes de almacenamiento, se observa, en general, tanto en los tubérculos testigo como en los tratados (irradiación e IPC), un aumento en la conductividad del interior de los tubérculos, que es más acusado en los tubérculos testigo, lo que parece indicar que en la evolución fisiológica de los tubérculos irradiados se liberan menos electrolitos al apoplasto^{*} que en las

* En los tejidos vegetales el apoplasto está constituido por los espacios intracelulares, la pared celular y la laminilla media, que son las zonas inertes.

TABLA LIII

Recopilación de los valores de conductividad de los tubérculos en el momento de introducir el electrodo ($t = 0$ seg), en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en: A (milimhos/cm) y B (% respecto al testigo)

I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Meses transcurridos desde:		I		2		4		6	
Tratamientos		II				2		4	
				A	B	A	B	A	B
TESTIGO				0'209	100	0'254	100	0'179	100
IPC				0'201	96'2	0'226	89	★	★
3 Krad	I			0'200	95'7	0'217	79'4	0'179	97'2
	II			-	-	0'218	85'8	0'156	87'2
6 Krad	I			0'178	85'2	0'207	81'5	0'163	91'0
	II			-	-	0'209	82'3	0'151	84'4
9 Krad	I			0'173	82'8	0'176	69'3	★	★
	II			-	-	0'190	74'8	0'186	103'9
12 Krad	I			0'169	80'9	0'198	77'9	★	★
	II			-	-	0'283	87'8	★	★

★ En esta época no quedaba material

testigo, debido probablemente a que, por efecto de la irradiación, la membrana se hace menos permeable.

En los dos últimos meses se aprecia en todos los lotes una reducción progresiva de la conductividad, que es más acusada en los tubérculos testigo que en los irradiados. Esto se debe probablemente a que en los tubérculos testigo el tejido estaba alterado, por lo que la permeabilidad de la membrana debió sufrir un cambio por causas fisiológicas, que dio como resultado el que los valores de la conductividad en los tejidos testigo se aproximaran a los que se encontraron en los tubérculos irradiados, en los que la alteración de la permeabilidad había sido causada por efecto de la irradiación.

En los tubérculos irradiados se observa un descenso en el valor de la conductividad respecto al de los testigos, manteniéndose este comportamiento a lo largo de los seis meses. Con respecto a la dosis, se aprecia que los valores de conductividad son mayores en los tubérculos irradiados con dosis bajas que en los irradiados con dosis altas, y respecto a la época de efectuar el tratamiento, en general, se observan valores de conductividad mayores en los tubérculos irradiados tardíamente a los cuatro meses y medio de la recolección, debido a que cuando estos tubérculos se irradiaron tenían mayor conductividad que los irradiados tempranamente.

En los tubérculos tratados con IPC se aprecia que el valor de la conductividad es menor al testigo, pero siempre es superior al observado en los irradiados.

Los resultados referentes a los valores de conductividad del interior de los tubérculos determinados a distintos tiempos desde el momento de introducir el electrodo hasta 180 segundos después, son análogos a los observados en el momento de introducir el electrodo en el tubérculo. Con respecto a las variaciones en el valor de la conductividad durante los 180 segundos siguientes a la introducción del electrodo, se aprecia que la diferencia entre el valor inicial y el final es más acusada en los tubérculos testigo y tratados con IPC, que en los irradiados, y dentro de estos, la diferencia es tanto más pequeña cuanto mayor es la dosis. El hecho de que las diferencias de conductividad entre el momento de introducir el electrodo y a los 180 segundos después, sean también menores en los tubérculos irradiados que en los testigos, indica que en estos tubérculos, por liberarse menos iones al apoplasto, se alcanza antes el estado de equilibrio en la concentración de iones.

Los tubérculos irradiados en Enero al final del periodo de almacenamiento, (seis meses después de la recolección), con respecto a la conductividad no se

comportan de manera regular, tal vez debido a que se irradiaron en un estado avanzado de desarrollo fisiológico.

Resumiendo, se puede decir, que la irradiación produce un descenso en la conductividad del parénquima de los tubérculos para las dosis estudiadas, lo cual está de acuerdo con lo observado por Scherz (1970 y 1973) y Van Dongen y colaboradores (1973).

Los mecanismos de este cambio en la conductividad no están claros, aunque según se cree deben estar fundados en la alteración de la permeabilidad de la membrana celular.

4.1.8. pH

Con idea de profundizar en el estudio de las alteraciones producidas por la radiación en los parámetros fisicoquímicos, se realizaron determinaciones de pH en los tubérculos de cada lote. El pH de los tubérculos aumenta ligeramente tanto en los tubérculos testigo como en los tratados (IPC e irradiación), desde el segundo hasta el cuarto mes del tratamiento, siendo estos aumentos mayores en los tubérculos tratados que en los testigo.

En la evolución natural de los tubérculos, es normal según Juul (1949), que a medida que aumenta el desarrollo fisiológico aumente el pH. Sobre la varia-

ción de este parámetro en los tubérculos irradiados no se ha encontrado ninguna referencia bibliográfica, y según nuestras observaciones se puede decir que, por efecto de la irradiación, se produce un ligero descenso en el pH de los tubérculos con respecto al testigo a los dos meses de la irradiación de Noviembre. Por efecto de la dosis se observa que los tubérculos irradiados con 3 Krad son los que tienen un pH más bajo, mientras que no se observan diferencias entre las dosis de 6, 9 y 12 Krad. A los cuatro meses de la irradiación de Noviembre no se aprecian diferencias en el pH de los tubérculos testigo e irradiados con las distintas dosis.

En los tubérculos tratados con IPC se aprecia un descenso en el pH respecto al testigo, que es mayor que el producido en los tubérculos irradiados con 6, 9 y 12 Krad.

4.1.9. Infecciones microbianas

En las referencias bibliográficas sobre la susceptibilidad a las infecciones de los tubérculos irradiados existen datos contradictorios, si bien, en general, se observa una ligera reducción con respecto al testigo (Garcia de Mateos, 1967, y Ogawa y colaboradores, 1968). En algunos de los casos en que por

efecto de la irradiación se notó una mayor susceptibilidad a las infecciones, la explicación puede estar basada en que el tratamiento se realizó en época muy próxima a la recolección, y dado que la irradiación inhibe la formación del "peridermo de heridas", el tu bérculo no puede cicatrizar las heridas mecánicas de la recolección y, como consecuencia, se facilitó considerablemente la entrada de los gérmenes.

Al comparar los valores finales de infección en los tubérculos de los distintos tratamientos se observa, en los tubérculos tratados con IPC, que el porcentaje de infección es nulo. En los tubérculos irradiados se aprecia en todas las dosis una reducción con respecto al testigo, siendo esta reducción menor al aumentar la dosis de irradiación. Con respecto a la época de irradiación se observan menores porcentajes de infección en los tubérculos irradiados tardíamente.

Es de notar que los compuestos fenólicos se producen en las plantas por efecto de daños mecánicos, y se acumulan en la zona dañada, y al haberse observado acumulación de estos compuestos por efecto de la irradiación, se podría concluir que la planta reacciona ante la irradiación con respecto a la producción de compuestos fenólicos como reaccionaría ante una situación de daño mecánico.

4.1.10. Peridermo de heridas

Referente a la formación del "peridermo de heridas" en tubérculos cortados se observa que se inhibe su formación totalmente en los tubérculos irradiados con todas las dosis, desarrollándose por el contrario normalmente en los tubérculos tratados con IPC y en los testigos, lo cual parece indicar que en los tejidos irradiados la inhibición de la actividad mitótica no se limita a las células vegetativas del brote, sino que ocurre también en las células del parénquima, mientras que en los tratados con IPC se limita a las células vegetativas del brote. La explicación de este hecho puede estar fundada en el poco poder de penetración y traslocación del IPC, mientras que las radiaciones ceden su energía por igual a todas las células del tubérculo. El IPC ejerce una clara misión antimitótica en las zonas de contacto (yemas y peridermo de los tubérculos), y por este motivo el tratamiento con este producto es aconsejable darlo como mínimo a las cuatro semanas de la recolección.

La supresión de formación del "peridermo de heridas" por efecto de la irradiación, ha sido observada por diversos autores (Rubin y Metlitskii, 1958, Wagonner, 1965, Sawyer, 1967, Metlitskii y Ozeretskuskaya, 1968, etc.), habiendo, incluso, llegado a ser

propuesto como test de identificación de tubérculos irradiados por Penner (1970 y 1973), ya que se aprecian claras diferencias entre los tubérculos irradiados y los testigos o tratados con IPC. Para la realización del método utilizado por Penner se requiere la utilización de un microscopio, sin embargo en nuestro caso fue suficiente con observaciones "visu".

4.2. TEJIDOS DE PARENQUIMA AMILIFERO DE PATATA CULTIVADOS "IN VITRO"

4.2.1. Influencia de la irradiación sobre el desarrollo y metabolismo

4.2.1.1. Proliferación celular

La formación de protuberancias debidas a la proliferación de células formadoras del "callo" en los fragmentos de parénquima ocurre únicamente en los tejidos testigo, observándose un claro efecto inhibitor de las radiaciones sobre la división celular con todas las dosis estudiadas.

Según puede verse en la Fig. 43, la formación del callo en los tejidos testigo ocurre en la zona que estaba en contacto con el medio nutritivo, que coincidía con la más próxima al talón del tubérculo, ya que en todas las siembras se conservó la misma polaridad (la parte superior corresponde a la zona más próxima a la corona y la inferior al talón).

En los estudios realizados por Simmonds (1964), Claver (1967), etc., se había notado la existencia de polaridad en el desarrollo de las protuberancias de los tejidos de parénquima cultivados "in vitro", estando de acuerdo sus observaciones con los resultados obtenidos en nuestra experiencia en

cuanto al desarrollo del callo.

Los efectos de la radiación gamma sobre la inhibición de la actividad mitótica de las células de parénquima, estimuladas al ser colocadas en un medio nutritivo idóneo, ya habían sido observados anteriormente en diversos estudios (Fernández y Mazón, 1971, Sandret y colaboradores, 1973), y en nuestras experiencias además de confirmarse esto, se vio que la inhibición ocurre con todas las dosis, lo que parece indicar que el parénquima es más sensible a la irradiación que las yemas, e independientemente de la época de irradiación. Por tanto, la inhibición de la actividad mitótica causada por las radiaciones no se limita a las células meristemáticas del brote, sino que también afecta a todas las células del parénquima que conservaban la capacidad de dividirse.

4.2.1.2. Variación del peso

Referente al peso fresco se observa en los tejidos sembrados en Enero (irradiados en Noviembre) un incremento al final del periodo de cuatro meses de cultivo, tanto en los tejidos testigo como en los irradiados, siendo en estos últimos menor que el observado en los tejidos testigo. No se aprecian claras diferencias entre los aumentos pro

ducidos en los tejidos irradiados con diferentes dosis. Al observar el aumento en peso seco, se aprecian resultados análogos a los observados en peso fresco, si bien en este parámetro sí que se observan diferencias entre los tejidos irradiados con las diferentes dosis, siendo el incremento en peso seco menor cuanto mayor es la dosis.

En los tubérculos irradiados el incremento observado en peso fresco es del orden del 77 % respecto al testigo, mientras que el incremento en peso seco es solo de un 34-50 % según las dosis. Esto parece indicar que en los tejidos irradiados ha habido proporcionalmente mayor absorción de agua que en los testigo. Al observar los incrementos en peso seco corregido, se aprecia, en general, que son mayores en los tejidos irradiados que en los testigo, lo que parece indicar que las diferencias observadas en peso seco se deben a que en los tejidos testigo hay una mayor acumulación de sustancias solubles y sustancias de reserva procedentes de una mayor absorción del azúcar del medio.

En la siembra de Marzo se observa que los tejidos irradiados en Noviembre se comportan, en cuanto al peso fresco, de forma análoga a los sembrados en Enero, excepto los irradiados con 12 Krad, en los que se observa un incremento mayor que en los

testigo. Respecto al peso seco se observan incrementos mayores en los tejidos irradiados que en el testigo, y referente al peso seco corregido se observan mayores incrementos en los tejidos irradiados que en los testigo, análogamente a lo observado en la siembra de Enero.

En cuanto a la influencia de la época de irradiación se aprecia, en general, mayor incremento en peso fresco y peso seco corregido en los tejidos irradiados tardíamente, si bien respecto al peso seco, estos incrementos son menores. Esto indica que estos tejidos tenían mayor contenido de agua que los irradiados tempranamente. Al comparar los incrementos de peso en la siembra realizada en Enero y en la realizada en Marzo se observan siempre valores superiores en la última.

Como resumen de las observaciones referentes a la variación de peso de los tejidos después de cuatro meses de cultivo, se puede concluir que, en general, las únicas diferencias significativas entre los tejidos testigo y los irradiados, con independencia de la dosis y la época, son las del peso fresco, mientras que el peso seco o el peso seco corregido tienen una variación irregular. Por este motivo creemos que no es aconsejable para identificación de tubérculos irradiados, el método basado en la determinación de incrementos de peso de tejidos cul-

tivados "in vitro", ya que, además, para obtener resultados significativos es preciso mantener los tejidos durante largos periodos de tiempo en cultivo (tres meses o más). En contraste con esta dificultad, está la observación visual de formación de protuberancias comentada en el apartado anterior, en el que, según se vio, las diferencias entre los tejidos irradiados y los testigo se observan muy claramente y de forma inequívoca.

4.2.1.3. Actividad respiratoria

Al comparar la actividad respiratoria de los tejidos en el momento de la siembra y al final del periodo de cultivo se observa en las dos siembras, y tanto en los testigo como en los irradiados, un aumento en la actividad respiratoria que es más acusado en los testigo. En los tejidos irradiados aumenta al aumentar la dosis de irradiación, siendo las diferencias altamente significativas para todas las dosis en los tejidos sembrados en Marzo, y en los tejidos sembrados en Enero para los testigo e irradiados con 9 Krad.

Referente a la influencia de la irradiación, se aprecia, tanto en los tejidos sembrados en Enero como en los sembrados en Marzo al final del periodo de cultivo, una reducción en la actividad respira-

toria respecto al testigo. La actividad respiratoria, en general, es mayor en los tejidos irradiados con dosis más altas.

En cuanto a la influencia de la época de irradiación, se aprecia mayor actividad respiratoria en los tejidos irradiados tardíamente, si bien estas diferencias no son significativas excepto para la dosis de 3 Krad. Al comparar los valores finales de respiración en las dos siembras, se observa mayor actividad, tanto en los tejidos testigo como en los irradiados, en los tejidos sembrados en Marzo. El aumento de actividad respiratoria que se observa en los tejidos testigo respecto a los irradiados, hace que se consuma más materia seca en aquéllos que en éstos y, por tanto, los valores de peso seco final vienen afectados considerablemente por el consumo de elementos nutritivos en la respiración, que depende del metabolismo. Según se vio en el apartado anterior, los valores de incrementos de peso seco no pueden tomarse como índices inequívocos que determinen el tratamiento de irradiación.

En los tejidos sembrados en Enero se observa que la evolución de la actividad respiratoria ocurre de manera opuesta al tubérculo, tanto en la evolución en el tiempo (en los tejidos aumenta mientras que en los tubérculos disminuye), como en la influencia de la

dosis (en los tejidos disminuye con la dosis de irradiación, mientras que en los tubérculos ocurre lo contrario).

4.2.1.4. Acido ascórbico

El contenido en ácido ascórbico en los tejidos testigo tiene poca variación considerando el momento de la siembra y el momento final después de cuatro meses de cultivo. Este hecho contrasta con la evolución del contenido en este compuesto en los tubérculos almacenados, ya que según se vio en el punto 3.1.5, el contenido en ácido ascórbico disminuía considerablemente a medida que transcurría el tiempo de almacenamiento. Por este motivo los tejidos sembrados en el mes de Marzo tienen menos contenido inicial en vitamina C que los sembrados en el mes de Enero, pero a lo largo del tiempo de cultivo en ambas siembras tiene poca variación.

En los tejidos irradiados cultivados "in vitro" la variación entre el contenido inicial y final, que se aprecia en ambas siembras, es mayor que el que se observa en el testigo. En la siembra de Enero los valores finales, al cabo de cuatro meses, son siempre inferiores a los valores iniciales, aunque siempre son mayores que los que tienen los tubérculos almacenados en la misma época. En los tejidos sembrados en el mes de Marzo las variaciones en ácido ascórbico

son también de mayor consideración en los irradiados que en los testigo, pero en este caso, cuando el contenido inicial era bajo, se observa por efecto del cultivo que al final del periodo de crecimiento el contenido había aumentado. Esto ocurre en los tejidos irradiados en Noviembre a 3 y a 9 Krad.

En cuanto a la época de irradiación se observan, en general, valores inferiores en los tejidos procedentes de tubérculos irradiados tardíamente, debido a que entonces los tubérculos contenían menos ácido ascórbico.

4.2.1.5. Conductividad

Al observar la Tabla XLVIII, se puede apreciar, al final del periodo de cultivo, en los tejidos sembrados en Enero, un aumento en la conductividad de los irradiados y un descenso en la del medio nutritivo, mientras que en los testigo se observa un descenso en la conductividad tanto del medio como de los tejidos. En los tejidos sembrados en Marzo se apreciaba en los testigo como en los irradiados, un descenso en la conductividad del medio y del tejido.

El descenso en la conductividad que se observa en el medio nutritivo es mayor en la siembra de Marzo que en la de Enero, lo cual indica que hubo más absorción de iones del medio por los tejidos, siendo ésta

independiente del tratamiento, lo cual concuerda con el mayor incremento en peso que tuvieron los tejidos sembrados en Marzo.

Comparando la conductividad de los tejidos cultivados "in vitro" con la de los tubérculos almacenados durante el mismo tiempo se observa que, mientras en los tejidos del tubérculo disminuía con la dosis de irradiación, en los tejidos cultivados "in vitro" no ocurre de manera tan clara e incluso en ocasiones se aprecia todo lo contrario. Esto indica que el medio nutritivo y las condiciones de cultivo, influyen considerablemente en la conductividad del tejido.

4.2.1.6. pH

Con relación al pH de los tejidos se observa, en ambas siembras, al final del periodo de cultivo un ligero descenso, tanto en los tejidos testigo como en los irradiados, y un ligero aumento en el pH del medio nutritivo. Referente a la influencia de la irradiación se aprecia un ligero descenso en el pH de los tejidos irradiados con respecto al testigo, en la siembra de Enero, no observándose prácticamente diferencias en los tejidos sembrados en Marzo. Con respecto a la época de irradiación, se observa, en general, valores ligeramente menores de pH en los tejidos irradiados tardíamente.

4.2.1.7. Infecciones microbianas y otras observaciones visuales

Con respecto a las infecciones de los cultivos no se observa ninguna diferencia entre los tejidos testigo e irradiados, por lo que no se puede deducir ninguna conclusión sobre la inducción de susceptibilidad a infecciones por efecto de la irradiación.

La formación de clorofila observada en los tejidos testigo, y la inhibición en los irradiados, está de acuerdo con lo que ocurre en tubérculos citado en el informe de la Sociedad Conservatome de Lyon (1966). Según este informe durante los primeros meses del almacenamiento se inhibe la formación de clorofila en los tubérculos irradiados.

El color ocre que presentan los tejidos irradiados frente al amarillo verdoso de los testigo, se debe a los tejidos necrosados de la superficie, los cuales se resquebrajaban por efecto del aumento de tamaño de los tejidos situados en el interior.

4.2.2. Estudio comparativo del desarrollo de tejidos procedentes de tubérculos sometidos a cuatro tratamientos de conservación

De los resultados referidos en el apartado 3.2.2 se aprecia la inhibición total de proliferación celu-

lar en los tejidos irradiados, mientras que en los tejidos procedentes de tubérculos conservados por otros tratamientos, no se manifiesta esta inhibición. Esta diferencia en cuanto al desarrollo, puede servir de base para establecer un bioensayo que diferencie los tubérculos inhibidos por irradiación de los inhibidos por otros tratamientos, y según puede verse en la Tabla L, el diagnóstico puede hacerse a las cuatro semanas de la siembra.

El hecho de que no se forme proliferación en los tejidos irradiados después de dos meses de cultivo, indica que en los tejidos irradiados la inhibición de la actividad mitótica no se limita a las células vegetativas del brote, sino que alcanza también a las células del parénquima.

Comparando el crecimiento de los tejidos procedentes de tubérculos inhibidos por irradiación, con el de tejidos procedentes de tubérculos inhibidos por IPC, se observa que en estos últimos el desarrollo es muy superior, igualando o incluso superando al de los testigo. Este hecho se debe, sin duda, al poco poder de penetración que posee este producto, el cual ejerce su influencia sobre las yemas.

En los tejidos procedentes de tubérculos inhibidos por HM, a diferencia de lo observado con los pro-

cedentes de tubérculos tratados con IPC o con refrigeración, se observa un desarrollo muy irregular, habiendo casos en que los tejidos no proliferan, mientras que algunos otros lo hacen de manera exuberante. La explicación de este hecho hay que buscarla en las características de la HM. y la manera de realizar el tratamiento. Debido a la facilidad de traslocación de este producto, el tratamiento se realiza sobre las hojas de la planta madre, como ya se vio anteriormente, y desde allí se trasloca hacia los distintos órganos y tejidos del resto de la planta, por lo que con la misma facilidad que llega a los meristemos de las yemas, puede llegar a las células meristemáticas del parénquima. Los casos de desarrollo o crecimiento, en general, muy pocos, que se observan en tejidos procedentes de tubérculos conservados por este método, son debidos posiblemente a falta de homogeneidad en la distribución del producto traslocado, bien por alteraciones de las vías de conducción o bien por deficiencias en la realización del tratamiento que se hizo en el campo.

4.3. RESUMEN COMPARATIVO

4.3.1. Tubérculos de patata

Con idea de poder comparar respecto al testigo los efectos de la radiación gamma y del IPC en los parámetros estudiados en el tubérculo, en la Tabla LIV se han recopilado los resultados cuantitativos expresados en tanto por ciento respecto al testigo. En dicha tabla los valores inicial, medio y final corresponden, respectivamente, a uno, tres y cinco meses después del tratamiento aproximadamente. Las dosis de irradiación se han agrupado en bajas (media de los valores encontrados con 3 y 6 Krad) y altas (media de los valores encontrados con 9 y 12 Krad).

Al observar la Tabla LIV, se puede apreciar en los parámetros de brotación, actividad vegetativa relativa, pérdida de peso y conductividad, una reducción respecto al testigo, tanto con IPC como con irradiación y en las tres épocas estudiadas, mientras que los parámetros de actividad respiratoria, y contenido en azúcares reductores y totales, ácido ascórbico y ácidos fenólicos muestran cierta variabilidad que puede resumirse en:

TABLA LIV

Comparación de los principales parámetros cuantitativos estudiados en el tubérculo. Los valores se expresan en % respecto al testigo. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Dosis bajas = valor medio de 3 y 6 Krad.

Dosis altas = valor medio de 9 y 12 Krad.

PARAMETROS	TRATAMIENTOS			Inicial	Medio	Final
Brotación	IPC			-	0	13'7
	Irradiación	Dosis I		-	0	25'8
		bajas II		-	4'7	52'8
		Dosis I		-	0	0
		altas II		-	0	0
Actividad vegetativa relativa	IPC			-	0	0'7
	Irradiación	Dosis I		-	0	7'5
		bajas II		-	1'7	11'85
		Dosis I		-	0	0
		altas II		-	0	0
Pérdida de peso	IPC			74'2	68'4	66'2
	Irradiación	Dosis I		72'6	71	65'2
		bajas II		-	91	78
		Dosis I		71	67'1	60
		altas II		-	88	69
Actividad respiratoria	IPC			83'9	85'6	148'6
	Irradiación	Dosis I		85	113'9	122'2
		bajas II		-	109'9	136'9
		Dosis I		135'8	115	142
		altas II		-	97'2	106'7
Azúcares reductores	IPC			73'4	41'4	295'7
	Irradiación	Dosis I		113'4	36'7	100'3
		bajas II		-	53'1	86'8
		Dosis I		120'8	40'1	132
		altas II		-	63	130'1

.../...

TABLA LIV (continuación)

PARAMETROS	TRATAMIENTOS			Inicial	Medio	Final
Azúcares totales	IPC			75	36'8	199'8
	Irradia- ción	Dosis I		124	37	88'2
		bajas II		-	61'8	78'5
		Dosis I		166'9	36	99
		altas II		-	73'6	120
	IPC			156'2	109'8	194'9
Acido ascórbico	Irradia- ción	Dosis I		95'1	91'1	109
		bajas II		-	92	206'4
		Dosis I		116'1	86'2	132'1
		altas II		-	72'4	169'2
	IPC			131'2	114'3	116'1
	Acidos fenólicos	Irradia- ción	Dosis I		108'4	95'5
bajas II				-	86'3	95'5
Dosis I				111'8	108'6	92'2
altas II				-	113'7	97
IPC			96'2	89	-	
Conductividad		Irradia- ción	Dosis I		90'5	80'5
	bajas II			-	84'1	85'8
	Dosis I			81'9	73'6	-
	altas II			-	81'3	-

- Actividad respiratoria.- Inicialmente se observa reducción por efecto de irradiación con dosis bajas e IPC, y aumento por irradiación con dosis altas. En la época media se nota reducción con IPC e irradiación tardía con dosis altas, y aumento con las demás dosis. Al final del periodo de almacenamiento se aprecia aumento con respecto al testigo en los tubérculos de ambos tratamientos.
- Azúcares reductores.- Inicialmente se observa reducción por efecto de IPC y aumento por irradiación con dosis bajas y altas. En la época media ocurre reducción con respecto al testigo en los tubérculos de ambos tratamientos. En la época final se puede apreciar aumento con respecto al testigo en los tubérculos tratados con IPC e irradiados con dosis altas, y el mismo contenido que el testigo o una reducción, según la época de irradiación, con dosis bajas.
- Azúcares totales.- Se observa un comportamiento similar al de azúcares reductores excepto en la época final en que se aprecia aumento respecto al testigo, en los tubérculos tratados con IPC e irradiados tardíamente con dosis altas. En los tubérculos irradiados tempranamente con dosis altas se observa igual concentración que en los

testigo, y en los irradiados con dosis bajas se apre
cia una reducción con relación a éste.

- Acido ascórbico.- Inicialmente se nota un aumento en los tubérculos tratados con IPC e irradiados con dosis altas, y reducción con dosis bajas. En la época media se observa aumento con IPC, y reducción por irradiación. Al final del periodo de almacenamiento se aprecia aumento con ambos tratamientos.
- Acidos fenólicos.- Inicialmente se observa aumento con IPC e irradiación. En la época media se aprecia aumento con IPC e irradiación con dosis altas, y reducción por irradiación con dosis bajas. En la época final ocurre un aumento con IPC y ligera reducción por irradiación.

Referente a la época de irradiación se observan valores superiores, en general, en los tubérculos irradiados tardíamente en los siguientes parámetros: brotación, actividad vegetativa relativa, pérdida de peso, azúcares reductores y totales, ácido ascórbico y conductividad.

La actividad respiratoria es menor en los tubér
culos irradiados tardíamente, y la concentración de ácidos fenólicos varía según las dosis: con dosis ba
jas se notan valores menores en los tubérculos irra-

diados tardíamente, mientras que con dosis altas se aprecia lo contrario.

4.3.2. Tejidos de parénquima amilífero de patata cultivados "in vitro"

En la Tabla LV se han recopilado los resultados cuantitativos, en % respecto al testigo, de los parámetros estudiados en los tejidos cultivados "in vitro". En esta tabla se puede apreciar en la siembra de Enero, al final del periodo de cultivo, un comportamiento similar de la variación de peso fresco, peso seco, actividad respiratoria y contenido en ácido ascórbico (reducción con respecto al testigo con ambos tipos de dosis), mientras que en peso seco corregido y conductividad, se observa un aumento con respecto al testigo con ambos tipos de dosis.

En la siembra de Marzo, al final del periodo de cultivo, se aprecia reducción con respecto al testigo, tanto en dosis altas como en bajas, en peso seco corregido y actividad respiratoria. Referente a ácido ascórbico y conductividad, en general, se observa un aumento con respecto al testigo con ambos tipos de dosis. En peso fresco se aprecia reducción con dosis bajas, y con dosis altas el mismo contenido que el testigo. En peso seco ocurre una ligera reducción en

TABLA LV

Comparación de los principales parámetros cuantitativos estudiados en los tejidos cultivados "in vitro". Los valores se expresan en % respecto al testigo. I: Irradiación de Noviembre; II: Irradiación de Enero

Dosis bajas = valor medio de 3 y 6 Krad

Dosis altas = valor medio de 9 y 12 Krad

PARAMETROS	IRRADIACION	S. Enero		S. Marzo	
		Inicial	Final	Inicial	Final
Peso fresco	Dosis I	100	90'7	100	85'6
	bajas II	-	-	100	92'7
	Dosis I	100	88'9	100	100'1
	altas II	-	-	100	100'1
Peso seco	Dosis I	100	79'8	100	112'7
	bajas II	-	-	100	97'5
	Dosis I	100	74'6	100	114'7
	altas II	-	-	100	115
Peso seco corregido	Dosis I	100	110'2	100	68'8
	bajas II	-	-	100	81
	Dosis I	100	106'6	100	77'6
	altas II	-	-	100	91
Actividad respiratoria	Dosis I	113'9	55'8	122'2	52'5
	bajas II	-	-	136'9	72'1
	Dosis I	115	51'6	142	78
	altas II	-	-	106'7	79'8
Acido ascórbico	Dosis I	91'1	60'8	109	154'3
	bajas II	-	-	206'4	131'5
	Dosis I	86'2	60'8	132'1	130'4
	altas II	-	-	169'2	84'7
Conductividad	Dosis I	96'3	123'5	106'5	160'8
	bajas II	-	-	95'1	159'9
	Dosis I	91'5	153	80'3	171'7
	altas II	-	-	82'6	-

tejidos irradiados tardíamente con dosis bajas, y aumento en los irradiados tempranamente y en los irradiados tardíamente con dosis altas.

Referente a la época de irradiación se observan, en general, valores mayores de peso fresco, peso seco corregido y actividad respiratoria en la irradiación de Enero, y lo contrario en peso seco y en el contenido en ácido ascórbico.

5. APLICACIONES PRACTICAS DE LOS
RESULTADOS OBTENIDOS.

5. APLICACIONES PRACTICAS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

5.1. IMPORTANCIA DE LA CONSERVACION DE TUBERCULOS POR IRRADIACION PARA ESPAÑA

En España, debido a la diversidad de climas existentes, se puede decir que hay patatas frescas durante todo el año, pero la producción varía en las distintas épocas. En la Tabla LVI se puede apreciar, que durante los primeros meses del año la patata extratemprana y temprana no es suficiente para abastecer la demanda del mercado^{*}, por lo que hay que conservar una parte de la cosecha tardía (50 % aproximadamente). Por otra parte debido a las fluctuaciones del precio de este producto, es frecuente el observar que en algunos años hay escasez e incluso se tiene que importar, mientras que en otros existe un exceso tan grande de producción, que supera la demanda, de tal manera que los tubérculos se deprecian considerablemente o incluso se pierden por falta de métodos adecuados de conservación.

La utilización del método de irradiación para la conservación de tubérculos de patata presenta importancia cuando se trata de grandes cantidades, y según se ha

* Se calcula que el consumo de patata por habitante y día es de 200 g por término medio, lo que da para una población de 30 millones de habitantes una demanda de 10.800.000 Qm durante los seis primeros meses del año

TABLA LVI

Producción global de patata en España durante la campaña
1971-72

Datos tomados de Fernández González (1975)

<u>TIPO DE COSECHA</u>	<u>Producción</u>	<u>Qm</u>	<u>Proporción relativa (%)</u>
Extrat temprana	15 enero - 15 abril	1.355.575	2'8
Temprana	15 abril - 15 junio	6.051.001	12'4
Media estación	15 junio - 15 septb.	21.257.581	43'7
Tardía	15 septb - 15 enero	19.985.674	41,1

visto en los resultados que hemos obtenido, los tubérculos conservados por este método ofrecen las siguientes características respecto a los testigo o respecto a los conservados por IPC o refrigeración:

Respecto a los tubérculos testigo

Características positivas:

- Los tubérculos irradiados se conservan perfectamente durante más de seis meses, de tal manera que pueden cubrir el déficit que existe en la producción de patatas extra-temprana y temprana.
- Las pérdidas de peso comerciales se reducen considerablemente en un 70 % respecto al testigo, a los seis meses de efectuar el tratamiento.
- Si el tratamiento se dá en época adecuada, las pérdidas por infecciones se reducen respecto a los testigo, debido posiblemente a la estimulación en la producción de compuestos fenólicos.
- El contenido en azúcares solubles si bien, inmediatamente después de la irradiación, aumenta ligeramente, a lo largo del almacenamiento decrece de manera muy marcada, alcanzando valores inferiores a los de los tubérculos testigo o conservados por refrigeración, lo cual es una característica favorable, ya que pueden ser industrializados o consumidos, sin poseer el sabor dulce que los deprecia.

- El contenido en ácido ascórbico en los tubérculos irradiados no decrece tan rápidamente como en los tubérculos testigo, por lo que siendo la patata una fuente de vitamina C, la irradiación actúa de manera favorable sobre este parámetro.

Características negativas:

- Puede haber problemas en la exportación, pues no todos los países importadores tienen aprobación oficial de consumo de patatas irradiadas.
- Aumento en los costes de transporte desde la zona de recolección a la planta de tratamiento, ya que una planta cubre una amplia zona, y los tubérculos deben ir desde el almacén a la planta para ser tratados y después volver.
- Se precisa una educación del consumidor para eliminar de él los posibles reparos al consumo de alimentos irradiados.

Respecto a los tubérculos tratados con IPC

Los tubérculos irradiados respecto a los tratados con IPC, en general, no presentan diferencias sensibles en cuanto a pérdidas o alteraciones bioquímicas.

Características positivas:

- Los tubérculos irradiados no dejan residuos^{*}, ni necesitan un almacén especialmente acondicionado, pudiendo conservarse junto con otros productos perecederos sin afectarlos, cosa que no es recomendable hacer en los tubérculos tratados con IPC, que deben permanecer aislados.

Características negativas:

- La irradiación como método de conservación frente al IPC presenta el inconveniente de que solo es rentable para grandes cantidades de patata, mientras que con IPC puede ser rentable conservar desde unos cuantos kg hasta centenares de Tm.

Respecto a los tubérculos tratados por refrigeración^{**}

Características positivas:

- Los tubérculos irradiados no producen azúcares solubles.
- El método de irradiación es más económico al reducirse los costes de almacenamiento.

^{*} En algunos países está prohibido el IPC, mientras que en otros, tales como Holanda, el residuo máximo permitido en las peladuras es de 500 mg de materia activa por Tm de tubérculo.

^{**} La conservación por refrigeración, debido a su elevado coste, no se suele utilizar para tubérculo de consumo y solamente se aplica para conservar la patata de siembra.

Características negativas:

- Resulta inadecuado para la conservación de tubérculos destinados a siembra, debido a que se inhibe totalmente la brotación.

5.2. DETECCION DEL TRATAMIENTO DE IRRADIACION EN TUBERCULOS

Con objeto de disponer de métodos con los que se puedan identificar tubérculos irradiados, para poder controlar la aplicación del tratamiento de irradiación, a continuación se comentan los diversos tests ensayados en nuestro trabajo.

5.2.1. Tests basados en alteraciones bioquímicas

A la vista de los resultados encontrados en el contenido de azúcares solubles, ácido ascórbico, ácidos fenólicos, etc., se observa que las diferencias que se encuentran en los tubérculos irradiados respecto al testigo, no son suficientes como para determinar de manera inequívoca si los tubérculos han sido irradiados o no.

5.2.2. Tests basados en las características fisicoquímicas

Conductividad

Se observa un descenso en la conductividad de los tubérculos irradiados con respecto a los testigo, como se aprecia en el apartado 3.1.7., por lo que se puede utilizar como método de identificación de la irradiación, sin embargo se re-

quiere disponer de un lote testigo de la misma variedad, pues aunque las diferencias son altamente significativas, los resultados varían a lo largo del tiempo, aunque se conservan siempre las diferencias relativas entre los tubérculos testigo y los irradiados.

Este método tiene la ventaja de su sencillez y rapidez en la obtención de resultados, ya que el dictamen puede ser inminente.

pH

Referente al pH de los tubérculos irradiados no presenta variaciones respecto al testigo, por lo que no se puede utilizar este parámetro como método de identificación del tratamiento de irradiación.

5.2.3. Tests basados en la proliferación celular

Formación del "peridermo de heridas"

Por efecto de un corte transversal en el tubérculo, se observa en los testigo la formación de un tejido peridérmico en la superficie seccionada, que protege al tubérculo de la desecación y del ataque de agentes patógenos. Este mismo resultado se obtuvo en los tubérculos tratados con IPC, ya

que este producto ejerce su acción antimitótica sobre las células de la superficie del tubérculo, pero no se trasloca hasta las interioridades del parénquima.

En los tubérculos irradiados, por el contrario, no se produce formación del peridermo en la zona cortada, lo cual es un índice claro de que el efecto inhibidor de la división celular producido por la radiación no solo afecta a los meristemas de los brotes, sino que afecta a la actividad meristemática general de cualquier célula del tubérculo.

La realización del bioensayo es muy sencilla, ya que hasta cortar el tubérculo y almacenarlo en condiciones de temperatura ambiente y alta humedad, pero para obtener los resultados se requiere de 7 a 14 días.

Formación de protuberancias en tejidos de parénquima cultivados "in vitro"

En los tejidos irradiados cultivados "in vitro" se observa una inhibición total de protuberancias con todas las dosis estudiadas, por lo que este método parece el más claro para dar un diagnóstico seguro del tratamiento de irradiación. Tanto en los tejidos testigo como en los tratados con IPC, se ob-

servan protuberancias por efecto de la proliferación de las células formadoras del callo.

El procedimiento requiere un laboratorio adecuado para realizar la técnica de cultivo de tejidos vegetales, y en la obtención de resultados seguros se requiere un periodo de cultivo de 15 días como mínimo.

Incremento de peso en tejidos de parénquima cultivados "in vitro"

Según se puede apreciar en el apartado 3.2.1.2, las diferencias obtenidas en los incrementos de peso de los tejidos procedentes de tubérculos irradiados con respecto al testigo, no son suficientes como para determinar de manera inequívoca si los tubérculos han sido irradiados o no, además, para obtener resultados significativos, es preciso mantener los tejidos durante largos periodos de tiempo en cultivo (tres meses o más).

6. CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

Como consecuencia de los resultados obtenidos se ha llegado a las siguientes conclusiones sobre los efectos de las radiaciones ionizantes en los tubérculos de patata.

Relativas a la brotación

- 1.- La radiación gamma inhibe la brotación de los tubérculos, de forma irreversible, con dosis de 9 y 12 Krad, independientemente de la época de irradiación. Con dosis de 6 Krad, la brotación se inhibe solamente si la irradiación se hace al principio del periodo de reposo del tubérculo. La dosis de 3 Krad no inhibe la brotación de los tubérculos, independientemente de la época de irradiación, pero siempre brotan más cuando la irradiación se efectúa al final del periodo de reposo.
- 2.- Los tubérculos que brotan, después de la irradiación con dosis bajas, muestran mayor número de brotes que los testigos pero de menor longitud, debido posiblemente a la inhibición de la dominancia apical. En los tubérculos irradiados en época tardía, los brotes procedentes de los tratados con 6 Krad fueron mucho más cortos que los correspondientes a los tratados con 3 Krad, siendo la actividad vegetativa relativa (CAVR)^{*} de estos últimos nue

^{*} CAVR.- Indica la relación existente entre la longitud total de los brotes de cada lote tratado, con respecto a la de los testigos.

ve veces mayor que la de los tratados con 6 Krad al ca
bo de seis meses.

Relativas a pérdidas

- 3.- Después de seis meses de almacenamiento, las pérdidas de peso comerciales^{*} en los tubérculos irradiados (exceptuando los de 3 Krad) variaron entre el 10 y el 15 %, según la dosis, mientras que en los testigos fueron del orden del 30 %. Las pérdidas en los tubérculos irradiados en Noviembre fueron aproximadada mente un 15 % menores que las de los tubérculos irradiados en Enero.
- 4.- La pérdida de peso en los tubérculos tratados por IPC fue análoga a la que se observó en tubérculos irradiados con 9 Krad.
- 5.- En los tubérculos irradiados se apreciaba una reducción en la susceptibilidad a las infecciones. Los tubérculos tratados con IPC se comportan de modo análogo a los irradiados.

^{*} Se consideran pérdidas de peso comerciales a las que comprenden además de la pérdida fisiológica, la pérdida que representa el peso de los brotes.

Relativas a características fisiológicas

- 6.- Por efecto inmediato de la irradiación se aprecia un incremento en el consumo de oxígeno del parénquima respecto al testigo, que persiste hasta incluso cuatro meses después de la irradiación. En los tubérculos irradiados se aprecia un marcado incremento, respecto al testigo, en la actividad de la succinicodeshidrogenasa durante los tres primeros meses del tratamiento, y en la actividad de la NADH-deshidrogenasa a los dos meses y medio del tratamiento. Referente a la actividad de la polifenoloxidasa del peridermo se aprecia que tiene un valor muy superior a la de los enzimas mitocondriales estudiados, y por tanto es la que influye más marcadamente en el consumo de oxígeno del tubérculo. Por efecto de la irradiación se observa que la actividad de la polifenoloxidasa aumenta en el primer mes y decrece en los meses sucesivos.
- 7.- En los tubérculos irradiados se produce un aumento inicial en el contenido en azúcares totales y reductores, que se atenúa con el tiempo hasta alcanzar valores análogos al testigo, después de cinco meses de almacenamiento. Por efecto de la irradiación se aprecia inicialmente un aumento en el contenido de glucosa y sacarosa, y un descenso en el contenido en fructosa.

- 8.- El contenido en ácido ascórbico de los tubérculos irradiados y tratados con IPC, presenta valores superiores al testigo al final del periodo de cinco meses de almacenamiento.
- 9.- En los tubérculos irradiados con dosis altas, se observa un aumento en el contenido en ácidos fenólicos totales, al mes y medio y a los tres meses y medio de la irradiación, siendo principalmente el ácido clorogénico el que tiene mayor proporción dentro de los ácidos fenólicos. El ácido caféico, inicialmente también experimenta un aumento respecto al testigo, pero a los tres meses y medio experimenta un descenso. Debido a que la concentración de éste es mucho menor que la del ácido clorogénico, su variación afecta muy poco el contenido total en ácidos fenólicos.
- 10.- El "peridermo de heridas" que se produce normalmente, en los tubérculos testigo o tratados con IPC, como respuesta a cortes profundos, no se produce en los tubérculos irradiados. La irradiación, por tanto, inhibe la actividad mitótica de las células meristemáticas tanto del brote como del parénquima.
- 11.- Con respecto a los tejidos de parénquima amilífero cultivados "in vitro" se aprecia que:

- a) Por efecto de la irradiación se inhibe, con todas las dosis, la formación de callo que se manifiesta por protuberancias verrugosas, y el incremento en peso fresco, mientras que no se observan diferencias en cuanto al aumento en materia seca.
- b) El contenido en ácido ascórbico, en los tejidos cultivados "in vitro", desciende menos que el correspondiente al de los tejidos de los tubérculos en la misma época, tanto en los testigo como en los irradiados.
- c) La formación de clorofila se inhibe en los tejidos irradiados cultivados "in vitro", apreciándose formación de necrosis en los irradiados con 12 Krad.

Relativas a características fisicoquímicas

12.- Por efecto de la irradiación se aprecia un descenso en la conductividad de los tubérculos, que es mayor al aumentar la dosis de irradiación. Los tubérculos tratados por IPC experimentan también un descenso en la conductividad respecto a los testigo, pero los valores son siempre superiores a los de los tubérculos irradiados. En los tejidos cultivados "in vitro" se aprecia un claro efecto del medio nutritivo que enmascara el efecto producido por la irradiación.

13.- El pH de los tubérculos sufre un ligero descenso por efecto de la irradiación. En los tubérculos tratados con IPC se observa también un ligero descenso con respecto al testigo, pero las diferencias no son muy sensibles durante los cuatro meses siguientes al tratamiento. En los tejidos cultivados "in vitro" no se aprecian diferencias en el pH entre los testigos y los irradiados.

Relativas a los tests

14.- Entre las pruebas ensayadas para identificar los tubérculos irradiados se puede apreciar que:

- a) Los tests basados en las alteraciones bioquímicas y del pH de los tubérculos, así como el basado en los incrementos de peso de los tejidos de parénquima cultivados "in vitro", no se pueden utilizar para determinar de manera inequívoca si los tubérculos han sido irradiados o no, al menos en las dosis estudiadas que son las autorizadas para la conservación de tubérculos.
- b) El método basado en la medida de conductividad es rápido y sencillo, pero las medidas deben tomarse siempre relativas a un testigo conservado en condiciones análogas.

- c) El método basado en la inhibición del "peridermo de heridas" es sencillo y los resultados se obtienen al cabo de 7 a 14 días.
- d) El método basado en la inhibición de protuberancias de tejidos cultivados "in vitro" es más laborioso que los anteriores, y los resultados se obtienen al cabo de 15 días, pero es muy preciso y seguro.

7. BIBLIOGRAFIA

7. BIBLIOGRAFIA

ABDULLAH, N., SIAGIAN, E.G., ISNAENI, M. and ISMACHIN, M., 1971.- Inhibition of sprouting.- En: Laboratory activities on food irradiation in Indonesia. Proc. of the IV Int. Conf. on the Peaceful Uses of Atomic Energy Ginebra, conf. 49/P/115.

AGUIRRE, A., 1975.- Estudio del contenido en aminoácidos libres y proteicos en tubérculos de patata tratados por cuatro métodos de conservación y almacenados durante cinco meses.- Mem. final, Escuela de Bromatología. Univ. de Madrid.

ALFARO, R., 1974.- Detección del tratamiento de irradiación en bulbos de ajo (*Allium sativum* L.) por la técnica del cultivo de tejido meristemático.- Comunicación personal.

AMMIRATO, P.V. and STEWARD, F.C., 1969.- Indirect effects of irradiation: Morphogenetic effects of irradiated sucrose.- *Developmental Biology*, 19: Nº 1, 87-106.

ANDERSON, E.E., ESSELEN, W.B., and FELLERS, C.R., 1954.-
Factors affecting the quality of pree-peeled potatoes.-
Food Technol., 8: 569-573.

A.O.A.C., 1970.- Official methods of analysis of the
association of official agricultural chemists.- Horwitz
W. Ed., eleventh edition, Washington.

APPLEMAN, C.O., 1914.- Maryland Agric. Exp. Stat. Bull.
183-181.- Tomado de: Come, D. 1971.

APPLEMAN, C.O., 1916.- Bot. Gar. 61, 265.- Tomado de:
Come, D., 1971.

ARDITTI, J., and DUNN, A., 1969.- Experimental Plant
Physiology.- Rinehart and Winston ed., New York.

ARRANZ, M.T., 1975.- Comunicación personal.

BACQ, Z.M. y ALEXANDER, P., 1964.- Fundamentos de radio-
biología.- Ed. Acribia, Zaragoza.

BAERUG, R., 1962.- Influence of different rates and
intensities of light on solanine content and cooking
quality of potato tubers.- Eur. Potato J., 5: 242-251.

BARALDI, D. et GUERRIERI, G., 1971.- Technologie de la radioinhibition de la germination des pommes de terre.- En: Cahier d'information du bureau Eurisotop. 44.

BARALDI, D., 1973.- Effect of giberellic acid and kinetin on irradiated, chemically treated and untreated potatoes.- Comunicación Nº 24 Colloque International sur identification des denrées alimentaires irradiées, C.C.E. y B.F.L., Karlsruhe.

BENNET-CLARK, T.A. and KEFFORF, N.P., 1953.- Chromatography of the growth substances in plant extracts.- Nature, 171: 645-647.

BERGER, G. et SAINT-LEBE, L., 1969.- Formation d'aldehyde malonique au cours de l'irradiation d'amidon de maïs.- C.R. Acad. Sc. Paris, 268: 2620-2623.

BERSET-COCHET, C., 1970.- Irradiation γ de tubercules de pomme de terre et phosphorylations oxydatives de leurs mitochondries.- Rapport DEA Biochimie, Université Paris, VII.

BIELINSKA-CZARNCKA, M. and DOMANSKA, J., 1969.- Changes in the level of some growth stimulators during dormancy and sprouting of potato tubers.- Bulletin de L'Academie Polonaise des Sciences, 17: 635-639.

BIRECKI, M., KLOSINSKA-RYCERSKA, B. and SOMOROWSKA, K., 1964.- Changes of vitamin C content in potatoes.- Tomado de: Smith, O., 1968. Chemical Composition of the potato. En Potatoes: Production, storing, processing. The Avi Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A.

BLUMENTHAL-GOLDSCHMIDT, S. and RAPPAPORT, L., 1965.- Regulation of bud rest in tubers of potato *Solanum tuberosum* L. II. Inhibition of sprouting by inhibitor B-complex and reserval by gibberellin A₃.- Plant Cell Physiol, 6: 601-608.

BONNER, W.D., 1965.- Succinic dehydrogenase.- En: Methods in enzymology Vol I, 772, Ed. Colowick and Kaplan. New York.

BOURIQUET, R. et COUVEZ, J., 1967.- Action des rayons X sur le bourgeonnement des tissus de feuilles d'Endive cultives "in vitro".- Mem. publies par la Société Botanique de France, Paris.

BRESLAVETS, L.P., KRYUKOVA, L.M., et KASYMOV, A., 1965.- Modifications des organites de cellules vegetales sous l'action d'extracts de pomme de terre irradie. Isotopes, Rayonnements, Agriculture CEA, 3, n° 1-2, n° 1864.

BRODIE, F.A., 1964.- NADH dehydrogenase.- En: Methods in enzymology Vol II, 693, Ed. Colowick and Kaplan. New York.

BRUSNIMA, J, 1962.- A survey of recent Japanese on dormancy in potato tubers.- Eur. Potato J., 5: 195-203.

BURTON, W.G. et HANNAN, R.S., 1957.- Use of gamma-radiation for preventing the sprouting of potatoes.- J. Sci. Food and Agric., 8: 707:715.

BUTTERY, R.G., HENDEL, C.E. and BOGGS, M.M., 1961.- Autoxidation of potato granules Part. II, Changes in fatty acids.- J. Agr. Food Chem., 9: 245-252.

CHARLAMPOWICZ, Z. and SOWINSKA, H., 1965.-Distribution of L-ascorbic acid in potato tissue.- Tomado de: Smith, O., 1968. Culinary quality and nutritive value of potatoes. En Potatoes: Production, storing, processing. The Avi Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A.

CHOPRA, V.L., NATARAJAN, A.T. and SWAMINATHAN, M.S., 1963.- Cytological effects observed in plant material grown on irradiated fruit juices.- Radiation Botany, 3: 1-6.

CHOPRA, V.L. and SWAMINATHAN, M.S., 1963.- Sprout inhibition and radiomimetic properties in irradiated potatoes.- Naturw., 50 n° 10: 374-375.

CLARK, W.L., MONDY, N.J., NELL, E.M., BEDROSIAN, K.,
FERRARI, R.A. and MICHON, C.A., 1957.- Polyphenolic
content and enzymatic activity of two varieties of pota-
toes I: Preliminary report.- Food Technol., 11: 297-301.

CLAVER, F.K., 1967.- Formación de yemas adventicias en
tejidos de papa.- Rev. Fac. de Agronom. 3ºep, t XLIII
(ent 1º).

CLOUTIER, J.A.R., COX, C.E., MANSON, J.M., CLAY, M.G.
and JOHNSON, L.E., 1959.- Effect of storage on the
carbohydrate content of two varieties of potatoes grown
in Canada and treated with gamma-radiation.- Food Res,
24: 659-664.

C.N.E.N. (1973).- Informe de seguridad de la Unidad de
Irrad. NAYADE.- Colección informes de seguridad Nº 3.

COME, D., 1968.- Relation entre la perméabilité a
l'oxygene et la vitesse de germination des tubercules de
pomme de terre.- Ac. d'Agr. de France, 878-887.

COME, D., 1971.- Dosage des acides phenoliques du periderme
des tubercules de pomme de terre. Application a l'etude
de la dormance de ces tubercules.- Lebensm.- Wiss. u.
Technol., 4: 12-19.

CRAFT, C.C., 1966.- Localization and activity of phenolase in the potato tuber.- Am. Potato J. 43: 112-121.

DAWSON, C.R. and MAGEE, R.J., 1964.- Polyphenol oxidase.- En: Method in enzymology vol. II, 819. Ed. Colowick and Kaplan. New York.

DUPUY, P. et USCIATI, M., 1966.- Influence d'extraits de pommes de terre irradiées sur la croissance des micro-organismes.- Rad. Bot., 6: 499-505.

EHRENBERG, A. and LOFROTH, G., 1960.- En: Symposium of food preservation by ionizing radiation.- Riso report 16: 25-26.

EL ANTABLY, H.M.M., WAREING, P.F. and HILLMAN, J., 1967.- Some physiological response to D-L-abscisin (dormin).- Planta 73: 74-90.

FABIANI, L., 1967.- La patata.- Ed. Aedos, Barcelona.

FALUDI, B., 1968.- Techniques of making short-term tissue cultures of potato tubers. II. Effect of some exogenous and endogenous factors on the growth.- Act. Agr. Acad. Sc. Hung., 17: 71-81.

FERNANDEZ GONZALEZ, A., 1966.- Algunos ensayos sobre conservación de alimentos por medio de la radiación gamma de ^{137}Cs .- Boletín nº 54 del Inst. Nac. de Inv. Agron. 135-158.

FERNANDEZ, J. y MAZON, P., 1971.- Diferencias observadas en el crecimiento de tejidos cultivados "in vitro" procedentes del parénquima amilífero de patatas irradiadas.- Comunicación personal.

FERNANDEZ GONZALEZ, J., 1975.- Utilización de la radiación gamma en la conservación de tubérculos de patata.- ASPAS de la patata, 95: 5-19.

FORNAS, E. 1965.- Dosimetría Fricke.- Report JEN, IS-3120/N-1.

GARCIA COLLANTES, M. A., 1974.- Estudio del efecto de la radiación gamma sobre la brotación de yemas de tubérculos de patata (*Solanum tuberosum* L.) y desarrollo de un test biológico para la identificación de tubérculos irradiados.- Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias, Univ. de Madrid.

GARCIA DE MATEOS, A., RIVAS, A., ORTIN, N. y DEL VAL, M., 1967.- Conservación de alimentos por irradiación VII. Investigaciones realizadas con dos variedades (Alava y Gineke) de patatas españolas.- Report JEN, IS-2340/I-9.

GAUTHERET, R.J., 1959.- La culture des tissus végétaux.-
Masson et Cie, edit. Paris.

GEBAUER, H., 1958.- Vitamins and plants.- Qualitas plant
et material vegetabiles 3-4: 161-165.

GILSON MEDICAL ELECTRONICS, 1971.-Manuel d'instructions
des respirometres differentiels GILSON.- Villiers le Bel,
France.

GRÜNEWALD, Th, et PENNER H., 1971.- Technologie de la ger-
mination des pommes de terre.- En: Cahier d'information du
bureau Eurisotop, 44.

HASEGAWA, S., JOHNSON, R.M., and GOULD, W.A., 1966.-
Effect of cold storage on chlorogenic acid content of
potatoes.- J. Agr. Food Chem. 14 N° 2: 165-169.

HEISLER, E.G., SICILIANO, J., WOODWARD, C.F. and PORTER,
W.L., 1964.- After cooking discoloration of potatoes. Role
of the organic acids.- J. Food. Sci. 29: 555-564.

HEMBERG, T., 1965.- The significance of inhibitors and
other chemical factors of plant origin in the induction
and breaking of rest periods. Tomado de: Come, D., 1971.

HENDEL, C.E., BURR, H.K. and BOGGS, M.M., 1951.- Factors affecting storage stability of potato granules. Tomado de: Smith, O., 1968. Culinary quality, and nutritive value of potatoes. En Potatoes: Production, storing, processing. The Avi Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A.

HOLST, U.B., 1971.- Some properties of inhibitor B from *Solanum tuberosum* compared to abscisic acid.- *Physiol. Plant.* 24: 392-396.

JAARMA, M., 1960.- Effects of ionizing radiations on inhibition of sprouting and biochemical and physiological changes in potato tubers.- Danish Atomic Energy. Report N° 16: 70-72.

JONARD, R., 1964.- Sur la prolifération in vitro de tissus prélevés sur des rhizomes ayant subi l'action des rayons X.- *Rev. Cytol. Biol. Végétales*, 27: 293-300.

JONARD, R., 1966.- Action des rayons X sur les tissus végétaux cultivés "in vitro".- Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias. Univ. de París.

JONARD, R., 1967.- Les cultures de tissus de plantes. L'effect transmis en radiobiologie. Etude effectuée sur les tissus végétaux cultivés "in vitro" .- Colloques Nationaux du Centre National de la Reserche Scientifique. Strasbourg.

JONARD, R., MANANT, P. et SCHAEVERBEKE, J., 1968.- Les substances produites au cours de l'irradiation des sucres sont-elles des substances de type "radiomimetique".- C.R. Acad. Sc. Paris, 266: 2122-2125.

JUUL, F., 1949.- Studies on blackening of potatoes after cooking I.- Kommissen hos Jul. Gjellerups Forlog. Copenhagen. Translation arranged and edited by Smith, O., 1950.

KILIAN, W., CHEUNG, K., and HENDERSON, H.M., 1972.- Effect of physiological stress on potato polyphenol oxidase.- Phytochemistry, 11: 1255-1260.

KRONER, W. and VOLKSEN, W., 1950.- The potato.- Johann Ambrosius Barth, Leipzig.

KUZIN, A.M. et KASIMOV, A.K., 1963.- Formation de substances inhibitrices de croissance et du developpement des plantes chez les tubercules de pomme de terre irradies par les rayons gamma.- Radiobiologiya SSSR 3 (3): 472-476.

KUZIN, A.M., 1964a.- Radiation Biochemistry.- Israel program for scientific translations Jerusalem.

KUZIN, A.M., 1964b.- Mecanisme de l'action stimulante et inhibitrice d'un rayonnement gamma du ¹³⁷Cs sur le tubercule irradié de pomme de terre.- Radiobiologiya SSSR, 4 (1): 144-149.

KUZIN, A.M., et NARBAEV, N., 1965.- Formation quantitativement régulière de quinones dans les tissus végétaux irradiés aux rayons gamma.- Isotopes, Rayonnements, Agriculture CEA, 4 (8): 3276.

LAMPITT, L.H., BUSHILL, J.H., ROOKE, H.S. and JACKSON, E.N., 1943.- Solaniné, glycoside of the potato. II Distribution in the potato plant.- Tomado de: Snitm, O., 1968. Chemical Composition of the potato. En: Potatoes: Production, storing, processing. The Avi Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A.

LAYNE, E., 1963.- Biuret method for measuring proteins.- En: Methods in enzymology Vol III, 450. Ed. Colowick and Kaplan. New York.

MANANT, P., SCHAEVERBEKE, J. et JONARD, R., 1969.- Action du glyoxal, produit de la radiolyse des sucres, sur les tissus végétaux cultivés "in vitro".- C.R.Acad. Sc. Paris, 268: 2414-2416.

MAPSON, L.W. and BURTON, W.C., 1962.- The terminal oxidases of the potato tuber.- Biochem. J. 82: 19.

MATHUR, P.B., 1961.- Reversal of gamma induced dormancy of potato tubers by gibberellic acid.- Nature 190: 547-548.

MATHUR, P.B., 1963.- Variety developmental stage and dose rate in irradiation of the potato.- Nature 198: 99.

MCKEE, R.K., 1961.- Observations on the toxicity of solanine and related alkaloids to fungus. Tomado de Smith, O., 1968. Chemical composition of the potato. En: Potatoes: Production, storing, processing. The Avi Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A.

METLITSKII, L.V., RUBIN, B.A. and KHURSHCHEV, V.G., 1957.- The use of gamma-radiation for prolonging the storage life of potatoes.- En: Application of radioactive isotopes in the food and fishing industries and in agriculture. A portion of the proceeding of the All-Union Scientific and Technical Conference on the Application of Radiactive Isotopes. Moscow (199-205).

METLITSKII, L.V. and OZERETSKOVSKAYA, O.L., 1968.- Biochemical aspects of plant resistance to parasitic fungi.- En: Plant Immunity. Plenum Press, New York.

MICHIELS, L., 1967a.- Contribution a l'etude de l'action inhibitrice du rayonnement gamma sur la croissance des germes du tubercule de la pomme de terre.- Tesis Doctoral, Fac. de Ciencias. Univ. de París.

MICHELIS, L., 1967b.- Perturbations a breve echeance de la respiration et du metabolisme glucidique après irradiation gamma du tubercule de pomme de terre.- Tesis Doctoral. Fac. de Ciencias. Univ. de París.

MILBORROW, B.V., 1967.- The identification of (+)-abscisic II ((+)-dormin) in plants and measurement of its concentrations.- Planta 76: 93-113.

MONDY, N.I., KLEIN, B.P. and IRVIN, L., 1959.- Polycphenolic content and enzymatic activity of two varieties of potatoes as affected by maturity and storage.- Food Technol. 13: 25.

MONDY, N.I., 1966.- Pentachloronitrobenzene effect on enzymatic activity and phenolic content of potatoes.- Am. Potato J. 43: 147-153.

MOORE, T.C., 1974.- Research experiences in Plant Physiology.- Springer-Verlag ed. New York.

MORRE, J., 1970.- Mise en evidence d'aldheyde malonique dans les solutions de glucides irradies aux rayons gamma.- En: Colloquium on the identification of irradiated foodstuffs. Luxembourg. Commission of the European Communities, 149-170.

MÜLLER-THURGAU, H., 1882.- Über Zuckerhäufung in pflanzenteilen in folge niedriger temperatur .- Tomado de: Michiels, L., 1967b.

NAIR, P.M., THOMAS, P., USSUF, K.K., SURENDRANATHAN, K.J., LIMAYE, S.P., SRIRANGARAJAN, A.N. and PADWAL DESAI, S.Q.- Studies of sprout inhibition of onions and potatoes and delayed ripening of bananas and mangoes by gamma irradiation.- En: Radiation preservation of food. IAEA Vienna, STI/Pub/317: 347-366.

NATIONAL FOOD SURVAY COMMITTEE, 1962.- Mimistry of Agriculture, Fisheries and Food.- Tomado de Smith, O., 1968. Culinary quality and nutritive value of potatoes. En Potatoes: Production, storing, processing. The Avi Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A.

NYS, L., 1970.- Incidences d'un traitement antigerminatif sur les caracteres technologique et culinaire du tubercule.- En: L'irradiation des pommes de terre. Cahier d'information du bureau Eurisotop, 45: 63-75.

NYS, L., 1971.- Technologie de la radioinhibition de la germination des pommes de terre. En: Cahier d'information du bureau Eurisotop, 44.

OGAWA, M., MAJIMA, R., URITANI, J. and NAMIKI, M., 1968.-
Effects of gamma-ray irradiation on metabolic changes in
potato tubers in response to cutting.- Plant Cell.
Physiol., 9: 511-519.

ORNL, 1968.- Irradiation of potatoes and other vegeta-
bles to prevent sprouting.- II C - 14:519.

PAEZ, L.E. and HULTIN, H.O., 1970.- Respiration of potato
mitochondria and whole tubers and relation to sugar
accumulation.- Food Science, 35: 46-51.

PAGE, E. and HANNING, F.M., 1963.- Vitamin B₆ and niacin
in potatoes.- J. Am. Dietet. Assoc. 42: 42-45.

PENNER, H., 1970.- Identification of irradiated potatoes
by lack of wound periderm formation.- En: Colloquium
on the identification of irradiated foodstuffs.
Luxembourg. Commission of the European Communities, 67:72.

PENNER, H., 1973.- Der metabolische Nachweis der
Kartoffelbestrahlung.- Comunicación N° 16 del Colloque
International sur identification des denrées alimentai-
res irradiés C.C.E. y B.F.L., Karlsruhe.

PHILLIPS, G.O., 1954.- Action of ionizing radiation on aqueous solutions of carbohydrates.- Nature, 173: 1044-1045.

POMAROLA, M., 1970.- L'irradiation en comparaison des autres methodes sur le plan sanitaire et reglementaire.- En: L'irradiation des pommes de terre. Cahier d'information du bureau Eurisotop N° 45: 156-157.

PRESSEY, R., 1966.- Separation and properties of potato invertase and invertase inhibitor.- Arch. Biochem. Biophys., 113: 667-674.

RAPPAPORT, L., and Smith, O.E., 1962.- Gibberellins in the rest period of potato tubers. En "Eigenschaften und Wirkungen der Gibberelline": Springer Verlag, Berlin, 37-45.

ROJAS GARCIADUEÑAS, M., 1972.- Fisiología vegetal aplicada.- Ed. McGraw-Hill. México.

RUBIN, B.A., and METLITSKII, L.V., 1958.- A study of the action of ionizing radiation on the metabolism of potato tubers in relation to the problem of their all-year-round storage.- Proceedings of the second United Nations International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy. Geneve, 27: 437-443.

RUBIN, B.A. and METLITSKII, L.V., 1961.- Specific reactions of different tissues to ionizing radiation.- Tomado de: Smith, O., 1968.

SAINT LEBE, L., and BERGER, G., con la colaboración técnica de AGNEL, J.P., 1970.- Assoinissement de l'amidon industriel par irradiation: modifications biochimiques et test d'irradiation.- Colloquium on the identification of irradiated foodstuffs, Comission of the European Communities. Luxembourg, 131-139.

SANDRET, F. and MICHIELS, L., 1966.- Inhibition of potato sprouting by gamma irradiation. Condition, effects and feasibility.- Ind. Aliment. Agr., 93: 1189-1199.

SANDRET, F., 1970.- Metabolisme glucidique et physiologie du tubercule de pomme de terre gamma expose. En: L'irradiation des pommes de terre. Cahier d'information du bureau Eurisotop N° 45: 76-89.

SANDRET, F. et DAVIN, A., 1971.- Technologie de la radioinhibition de la germination des pommes de terre.- En: Cahier d'information du bureau Eurisotop N° 44.

SANDRET, F., MICHIELS, L. et BERSET, C., 1973.- Tubercules de pommes de terre irradiés: Identification par oeillement et culture de tissus.- Comunicación N° 15 del Colloque International sur identification des denrées alimentaires irradiés C.C.E. y B.F.L., Karlsruhe.

SAWYER, R.L., 1967.- Sprout inhibition.- En: Potato processing 2nd ed. Talburt W.F. and Smith, O. Avi Publishing Co. Westport, Conn. U.S.A.

SCHAEVERBEKE, J., JONARD, R. et MANANT, P., 1968.- Action de sucres traites par les rayons γ du Cobalt 60 sur le developpement de quelques tissus végétaux cultivés "in vitro".- C.R. Acad. Sc. Paris, 266: 830-832.

SCHERZ, H., 1970a.- Evaluation of the structure of the deoxicomounds found in irradiated starch and determination of these products found in irradiated wheat and wheat flour.- En: Colloquium on the identification of irradiated foodstuffs. Luxembourg. Comission of the European Communities 27-36.

SCHERZ, H., 1970b.- Conductivity measurement as a method for differentiation between irradiated and nonirradiated potatoes.- En: Colloquium on the identification of irradiated foodstuffs. Luxembourg. Commission of the European Communities, 13-26.

SCHERZ, H., 1973.- Conductivity measurements as a method for differentiation between irradiated and nonirradiated potatoes.- Comunicación N° 13 del Colloque International sur identification des denrées alimentaires irradiées. C.C.E. y B.F.L., Karlsruhe.

SCHREIBER, J.S. et HIGHLANDS, M.E., 1958.- A study of the biochemistry of irradiated potatoes stored under commercial conditions.- Food Res., 23: 464-472.

SCHWARTZ, J.H., GREENSPUN, R.B. and PORTER, W.L., 1961.-
Chemical composition of potatoes II. Relation of organic
acid concentrations to specific gravity and storage time.-
Food Technol., 15: 364-366.

SCHWIMMER, S., BEVENUE, A., WESTON, W.J. and POTTER, A.L.,
1954.- Survey of major and minor sugar and starch components
of the white potatoes.- J. Agr. Food Chem., 2: 1284-1290.

SCHWIMMER, S., and BURR, H.K., 1967.- Structure and chemi-
cal composition of the potato tuber.- En: Potato Processing
2nd, ed. Talburt W.F. and Smith, O., Avi Publishing Co.
Westport Conn. U.S.A.

SIMMONDS, N.W., 1964.- Observations on potato callus and
adventitious shoot formation.- Am. Potato J., 41 : 129-
136.

SMITH, O.E. and RAPPAPORT, L., 1961.-Endogenous gibbere-
llins in resting and sprouting potato tubers.- Advances
in Chem. Ser. 28: 42-48.

SMITH, O., 1968.- Dormancy.- En: Potatoes: Production,
storing, processing. The Avi Publishing Co. Westport,
Conn. U.S.A.

SNELL, F.D. and SNELL, C.T., 1953.- Fructose.- Colorimetric methods of analysis. Vol. III, 211, ed. Van Nostrand Company Inc., New York.

SOCIEDAD CONSERVATOME DE LYON, 1966.- II. Action de l'irradiation a dose d'inhibition de germination sur les pommes de terre.- Informe sobre: Le dossier complementaire a la demande d'autorisation d'irradier les pommes de terre deposee par la societe conservatome recherches aupres du Conseil Superieur d'hygiene le 18 Novembre 1963.

SPANJERSBERG, G., 1969.- Action des rayons X sur la transformation hyperhydrique des tissus de topinannbour cultivés "in vitro".- C.R. Acad. Sc. Paris, 268: 2294-2297.

SPARROW, A.H. and CHRISTINSEN, E., 1950.- Effects of X-ray neutron and chronic gamma irradiation on growth and yield of potatoes.- Am. I. Bot., 37:667.

SPARROW, A.H. and CHRSTINSEN, E., 1954.- Improved storage quality of potato tubers following exposure to gamma radiation for ⁶⁰Co.- Nucleonics, 12: 16.

SWEENEY, J.P., HEPNER, P.A. and LIRNCK, S.Y., 1969.- Organic acid, amino acid and ascorbic acid. Content of potatoes as affected by storage conditions.- Am. Potato J., 46: 463-469.

SZALAI, I., 1959a.- Tryptophane contents of new potato tubers forced by rindite in the different phases of the germination.- *Physiol. Plant.*, 12: 155-161.

SZALAI, I., 1959b.- Quantitative changes of growth-promoting and inhibition substances in the potato tubers treated with rindite.- *Physiol. Plant.* 12: 237-244.

TAGAWA, T., and OKAZAWA, Y., 1955a.- Physiological and morphological studies on potato plants. Part 18. On the influence of nature and age of seed tubers on some physiological behaviours at the time of sprouting of the tubers.- *Proc. Crop. Sci. Soc. Japan* 23: 249.

TAGAWA, T and OKAZAWA, Y., 1955b.- Physiological and morphological studies on potato plants I. Nitrogen, metabolism in potato tubers during the storage period.- *J. Fac. Agr. Hokkaido Univ.* 50: 65-73.

TALLEY, E.A., FITZPATRICK, T.J. and PORTER, W.L., 1964.- Chemical composition of potatoes. IV Relationship of the free aminoacid concentrations to specific gravity and storage time. *Am. Potato J.*, 41: 357-366.

THORNTON, N.C., 1939.- *Contr. Boyce Thompson Inst.* 10: 339.- Tomado de: Come, D., 1971.

TISHEL, M. and MAZELIS, M., 1966.- Accumulation of sugars in potato tubers at low temperature and some associated enzymic activities.- *Phytochem.* 5: 895-902.

TRUELSEN, T.A., 1964.- Irradiation of potatoes: effects on sugar content, blackening and growth substances.- *Tomato de: Sandret, F. and Michiels, L., 1966.*

ULMANN, R.M., 1970.- Potato irradiation, a technical and economic survey.- En: *L'irradiation des pommes de terre. Cahier d'information du bureau Eurisotop*, 45: 132-148.

VAMOS-VIGYAZÓ, L., and KISS-KUTZ, N., 1974.- Studies into the o-diphenol oxidase activity of potatoes. Part II.- Some characteristics of the enzyme, its amount in different varieties and its changes on storage.- *Acta Alim. Hung.* 3: 49-57.

VANDER STICHELEN ROGIER, M, 1973.- Utilisation de techniques electrophoretiques en vue de l'identification de certaines denrees irradiees.- *Comunicación Nº 3 del Colloque International sur identification des denrées alimentaires irradiées. C.C.E. y B.F.L., Karlsruhe.*

VAN DONGEN, R., ONDERDELINDEN, D. and STRACKEE, L., 1973.- Additional measurements of conductivity changes in potatoes induced by ionizing radiation.- Comunicación Nº 14 del Colloque International sur identification des denrées alimentaires irradiées, C.C.E. y B.F.L., Karlsruhe.

VARELA, G. y MOREREIRAS, O., 1966.- Influencia de la irradiación de patatas en su digestibilidad y valor nutritivo.- Ars. pharmaceutica. Laboratorio de Fisiología Animal. Fac. de Farmacia. Granada.

VARELA, G., URBANO, G y BARRIONUEVO, M., 1974.- Influence of irradiation and time of conservation on the nutritional value of the potato.- IV Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos. Madrid.

VIDAL, P., 1970.- Aspect économique et commercial des pommes de terre irradiées.- En: L'irradiation des pommes de terre. Cahier d'information du bureau Eurisotop Nº 45: 122-131.

WAGONNER, P.E., 1965.- Radiation and resistance of tuber to rot.- Am. Potato J., 32: 448-450.

WALKER, M.C., 1968.- Action of potato peel extracts in modifying tuber Dormancy.- Nature 217:878.

ZUCKER, M. and LEVY, C.C., 1959.- Some factors which affect the synthesis of chlorogenic acid in disk of potato tubers.- Plant Physiol. 34: 108-112.

ZUCKER, M., 1963.- The influence of light on synthesis of protein and of chlorogenic acid in potato tuber tissue.- Plant Physiol., 38: 575-580.

ZUCKER, M., 1965.- Induction of phenylalanine diaminase by light and its relation to chlorogenic acid synthesis in potato tuber tissue plant. Physiol., 40: 779-784.

A N E X O I

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS UTILIZADOS

ABREVIATURAS Y SIMBOLOS UTILIZADOS

ABA	-	Acido abscísico
ADP	-	Adenosindifosfato
AG	-	Acido giberélico
AIA	-	Acido indolacético
AND	-	Actividad de la NADH-deshidrogenasa
APO	-	Actividad de la polifenoloxidasas
AR	-	Actividad respiratoria
ASD	-	Actividad de la succinicodehidrogenasa
ATP	-	Adenosintrifosfato
CAVR	-	Coeficiente de actividad vegetativa relativo
CNEN	-	Centro Nacional de Energía Nuclear
CIPC	-	N-3-clorofenilcarbamato de isopropilo
cv	-	coeficiente de variabilidad
2,4-D	-	Acido 2,4-diclorofenoxiacético
DNA	-	Acido desoxiribonucleico
DO	-	Densidad óptica
DPIP	-	2,6-Diclorofenol-indofenol
F	-	Fructosa
FAD	-	Flavin-adenin-dinucleótido
FMN	-	Flavinmononucleótido
G	-	Glucosa
HM	-	Hidracida maleica
IPC	-	N-fenilcarbamato de isopropilo

MENA	-	Ester metílico del ácido naftalenacético
NAD	-	Nicotin-adenin-dinucleótido
ORNL	-	Oak Ridge National Laboratory
PB	-	Pérdida por brotación
PC	-	Pérdida comercial
PF	-	Pérdida fisiológica
PFr	-	Peso fresco
Pi	-	Fosfato inorgánico
PS	-	Peso seco
PSC	-	Peso seco corregido
RG	-	Respiración global
RNA	-	Acido ribonucleico
S	-	Sacarosa
TCNB	-	Tetracloronitrobencono
vm	-	Valor medio

- - -

A N E X O I I

INDICE DE TABLAS

INDICE DE TABLAS

		<u>Página</u>
I	- Composición química general del tubérculo de patata.	18
II	- Proporción de los diferentes elementos <u>mi</u> nerales en las cenizas.	19
III	- Composición química detallada del <u>tubércu</u> lo de patata.	20
IV	- Aporte nutritivo proporcionado por las <u>pa</u> tatas en una dieta normal.	22
V	- Comercialización de patatas irradiadas en diferentes países.	100
VI	- Composición del medio para cultivo del <u>pa</u> rénquima amilífero de patata.	106
VII	- Evolución mensual de la brotación de los tubérculos testigo.	136
VIII	- Evolución mensual de la brotación de los tubérculos tratados en Noviembre con IPC.	137
IX	- Evolución mensual de la brotación de los tubérculos irradiados en Noviembre con <u>do</u> sis de 3 Krad.	138
X	- Evolución mensual de la brotación de los tubérculos irradiados en Enero con dosis de 3 Krad.	139
XI	- Evolución mensual de la brotación de los tubérculos irradiados en Enero con dosis de 6 Krad.	140

XII	-	Evolución mensual del coeficiente de actividad vegetativa relativo de los tubérculos.	141
XIII	-	Comparación de los valores finales de brotación de los tubérculos.	143
XIV	-	Evolución mensual de la pérdida de peso respecto al peso inicial.	148
XV	-	Pérdida del valor comercial de los tubérculos en los meses de Marzo y Mayo.	151
XVI	-	Variación del contenido en humedad de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	153
XVII	-	Variación del consumo de oxígeno de cortes de parénquima de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	157
XVIII	-	Variación del consumo de oxígeno de cortes de parénquima de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo.	159
XIX	-	Variación de la actividad de la succinico-deshidrogenasa de los extractos mitocondriales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	161
XX	-	Variación de la actividad de la NADH-deshidrogenasa de los extractos mitocondriales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	164

XXI -	Variación de la actividad de la polifenol-oxidasa del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	167
XXII -	Variación del contenido en azúcares reductores de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	172
XXIII -	Variación del contenido en azúcares totales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	174
XXIV -	Variación del contenido en fructosa total de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	176
XXV -	Variación del contenido en glucosa, fructosa y sacarosa de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	177
XXVI -	Variación del porcentaje de azúcares reductores frente a totales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	178
XXVII -	Variación del contenido en azúcares reductores de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo.	181
XXVIII -	Variación del contenido en azúcares totales de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo.	183
XXIX -	Variación del contenido en ácido ascórbico de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	185

XXX	-	Variación del contenido en ácido ascórbico de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. Los valores se expresan en % respecto al testigo.	187
XXXI	-	Variación del contenido en ácido clorogénico del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	189
XXXII	-	Variación del contenido en ácido cafeico del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	190
XXXIII	-	Variación del contenido en ácidos fenólicos totales del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	191
XXXIV	-	Variación de los valores de conductividad de los tubérculos, a 25°C, durante 180 segundos. Observaciones realizadas durante el mes de Enero.	195
XXXV	-	Variación de los valores de conductividad de los tubérculos, a 25°C, durante 180 segundos. Observaciones realizadas en el mes de Marzo.	196
XXXVI	-	Variación de los valores de conductividad de los tubérculos, a 25°C, durante 180 segundos. Observaciones realizadas en el mes de Mayo.	197
XXXVII	-	Variación de las diferencias de conductividad en el tiempo t, y a los 180 segundos después de haber introducido el electrodo en los tubérculos. Observaciones realizadas en el mes de Enero.	199

XXXVIII	- Variación de las diferencias de conductivi <u>d</u> ad en el tiempo t, y a los 180 segundos después de haber introducido el electrodo en los tubérculos. Observaciones realiza <u>d</u> as en el mes de Marzo.	200
XXXIX	- Variación de las diferencias de conductivi <u>d</u> ad en el tiempo t, y a los 180 segundos después de haber introducido el electrodo en los tubérculos. Observaciones realiza <u>d</u> as en el mes de Mayo.	201
XL	- Variación del pH de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	202
XLI	- Comparación de los valores finales del por <u>centaje</u> de infección en los tubérculos.	205
XLII	- Observaciones realizadas sobre la formación del "peridermo de heridas" en los tubércu <u>los</u> , en tres épocas del periodo de almacena <u>m</u> iento.	207
XLIII	- Variación del peso fresco, peso seco, % de humedad y peso seco corregido en los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Enero.	213
XLIV	- Variación del peso fresco, peso seco, % de humedad y peso seco corregido en los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Marzo.	216
XLV	- Incrementos de peso fresco, peso seco y peso seco corregido en los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero y Marzo, de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo.	219

XLVI	- Variación de la actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero de <u>tu</u> <u>b</u> érculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo.	221
XLVII	- Variación del contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo.	223
XLVIII	- Variación de la conductividad de los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro <u>me</u> <u>s</u> es de cultivo.	226
II	- Variación del pH de los tejidos de parénquima amilífero de tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de <u>cul</u> <u>tivo</u> .	228
I	- Evolución de la proliferación celular en los tejidos de parénquima amilífero de <u>tu</u> <u>b</u> érculos testigo, irradiados con 9 Krad y tratados por IPC, HM y frío.	234
LI	- Comparación de los valores del <u>con</u> <u>s</u> umo <u>glo</u> <u>bal</u> de oxígeno y de las actividades <u>enzimá</u> <u>ticas</u> de la succinicodehidrogenasa y NADH- <u>deshidrogenasa</u> de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	250
LII	- Comparación de los valores de las <u>activida</u> <u>des</u> de los <u>enzimas</u> respiratorios del parénquima estudiados (succinicodehidrogenasa y NADH- <u>deshidrogenasa</u>) y de la polifenolo <u>xi</u> <u>dasa</u> del peridermo de los tubérculos, en tres épocas del periodo de almacenamiento.	252

LIII	-	Recopilación de los valores de conductividad de los tubérculos, en el momento de <u>in</u> troducir el electrodo ($t = 0$ seg), en tres épocas del periodo de almacenamiento.	265
LIV	-	Comparación de los principales parámetros cuantitativos estudiados en el tubérculo.	286
LV	-	Comparación de los principales parámetros cuantitativos estudiados en los tejidos <u>cul</u> tivados "in vitro".	291
LVI	-	Producción global de patata en España <u>duran</u> te la campaña 1971-72.	294

- - -

A N E X O I I I

INDICE DE FIGURAS

INDICE DE FIGURAS

	<u>Página</u>
1 - Brotación de los tubérculos de patata almacenados en función de la temperatura.	9
2 - Variación de la intensidad respiratoria en vegetales en función de la temperatura.	12
3 - Esquema de la organización del tejido interno de un tubérculo maduro	15
4 - Estructura de algunos compuestos fenólicos.	27
5 - Esquema de las vías de oxidación aerobia en los tubérculos de patata.	33
6 - Esquema del proceso respiratorio.	35
7 - Esquema general del respirómetro Gilson.	111
8 - Detalle de una unidad del respirómetro Gilson compuesta por: matraz de reacción, manómetro, micrómetro digital, conexiones y llaves.	112
9 - Esquema de obtención del extracto mitocondrial.	114
10 - Esquema del equipo utilizado para medir la actividad de la polifenoloxidasa.	118
11 - Esquema del proceso de extracción y determinación de la actividad de la polifenoloxidasa	120
12 - Esquema del proceso de extracción de azúcares solubles.	122

13	-	Esquema del electrodo utilizado para medir la conductividad eléctrica en los tubérculos.	128
14	-	Esquema del electrodo utilizado para medir el pH en los tubérculos.	128
15	-	Variación, en función del tiempo, de los coeficientes de actividad vegetativa relativos al testigo (CAVR), de los tubérculos tratados con IPC e irradiados.	142
16	-	Brotación de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados, a lo largo del tiempo de almacenamiento.	144
17	-	Evolución del número total de brotes referido a 100 tubérculos, en función del tiempo.	145
18	-	Evolución de la longitud total de los brotes referida a 100 tubérculos, en función del tiempo.	146
19	-	Pérdida de peso, a lo largo del tiempo de almacenamiento, de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados en Noviembre.	149
20	-	Pérdida de peso, a lo largo del tiempo de almacenamiento, de los tubérculos testigo e irradiados en Enero.	150
21	-	Variación del peso de los tubérculos testigo, tratados con IPC, e irradiados. Observaciones realizadas en el mes de Mayo.	152
22	-	Variación del peso de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. Observaciones realizadas en el mes de Marzo.	154

- 23 - Variación, en función del tiempo, de la actividad respiratoria (AR) de cortes de parénquima de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. 158
- 24 - Variación, en función del tiempo, de la actividad respiratoria (AR) respecto al testigo, de cortes de parénquima de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. 160
- 25 - Variación, en función del tiempo, de la actividad de la succinicodehidrogenasa (ASD) de extractos mitocondriales de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. 162
- 26 - Variación, en función del tiempo, de la actividad de la succinicodehidrogenasa (ASD) respecto al testigo, de extractos mitocondriales de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. 163
- 27 - Variación, en función del tiempo, de la actividad de la NADH-deshidrogenasa (AND) de extractos mitocondriales de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. 165
- 28 - Variación, en función del tiempo, de la actividad de la NADH-deshidrogenasa (AND) respecto al testigo, de extractos mitocondriales de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. 166
- 29 - Variación, en función del tiempo, de la actividad de la polifenoloxidasasa (APO) de peridermo de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. 168

- 30 - Variación de la actividad de la polifenoloxi-
dasa (APO) respecto al testigo, del peridermo
de los tubérculos tratados con IPC e irradi-
dos. Observaciones realizadas en el mes de Fe-
brero. 169
- 31 - Variación, en función del tiempo, del conteni-
do en azúcares reductores, de los tubérculos
testigo, tratados con IPC e irradiados. 173
- 32 - Variación, en función del tiempo, del conteni-
do en azúcares totales de los tubérculos tes-
tigo, tratados con IPC e irradiados. 175
- 33 - Variación, en función del tiempo, del porcen-
taje de azúcares reductores frente a azúcares
totales de los tubérculos testigo, tratados
con IPC e irradiados. 179
- 34 - Variación, en función del tiempo, del porcen-
taje de azúcares reductores frente a azúcares
totales respecto al testigo, de los tubércu-
los tratados con IPC e irradiados. 180
- 35 - Variación, en función del tiempo, del conteni-
do en azúcares reductores respecto al testigo,
de los tubérculos tratados con IPC e irradia-
dos. 182
- 36 - Variación, en función del tiempo, del conteni-
do en azúcares totales respecto al testigo, de
los tubérculos tratados con IPC e irradiados. 184
- 37 - Variación, en función del tiempo, del conteni-
do en ácido ascórbico de los tubérculos testi-
go, tratados con IPC e irradiados. 186

- 38 - Variación, en función del tiempo, del contenido en ácido ascórbico respecto al testigo, de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. 188
- 39 - Variación, en función del tiempo, del contenido en ácidos fenólicos totales del peridermo de los tubérculos testigo, tratados con IPC e irradiados. 192
- 40 - Variación, en función del tiempo, del contenido en ácidos fenólicos totales respecto al testigo, del peridermo de los tubérculos tratados con IPC e irradiados. 193
- 41 - Variación de la conductividad de los tubérculos, en el momento de introducir el electrodo y a los 180 segundos, en tres épocas del periodo de almacenamiento. 198
- 42 - Esquema comparativo de las formas de brotes observadas en los tubérculos testigo e irradiados con dosis bajas. 206
- 43 - Tejidos procedentes de tubérculos testigo después de tres meses de cultivo. A: vista general; B: detalle del callo formado. 210
- 44 - Tejidos procedentes de tubérculos irradiados en Noviembre, con dosis de 3 y 6 Krad, después de tres meses de cultivo. 211
- 45 - Tejidos procedentes de tubérculos irradiados en Noviembre, con dosis de 9 y 12 Krad, después de tres meses de cultivo. 212

- 46 - Variación del peso fresco (PFr) y peso seco (PS) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Enero. 214
- 47 - Variación del peso seco (PS) y peso seco corregido (PSC) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Enero. 215
- 48 - Variación del peso fresco (PFr) y peso seco (PS) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Marzo. 217
- 49 - Variación del peso seco (PS) y peso seco corregido (PSC) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembra realizada en Marzo. 218
- 50 - Variación de la actividad respiratoria (AR) en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. 222
- 51 - Variación del contenido en ácido ascórbico en los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. 224

- 52 - Variación de la conductividad de los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. 227
- 53 - Variación del pH de los tejidos de parénquima amilífero de los tubérculos testigo e irradiados, después de cuatro meses de cultivo. Siembras realizadas en Enero y Marzo. 229
- 54 - Aspecto de los tejidos al final del periodo de cultivo. A: testigo; B: irradiado con 12 Krad. 231
- 55 - Aspecto de los tejidos procedentes de tubérculos testigo, después de un mes de cultivo. 235
- 56 - Aspecto de los tejidos procedente de tubérculos irradiados con 9 Krad y tratados con IPC (tuberite), después de un mes de cultivo. 236
- 57 - Aspecto de los tejidos procedente de tubérculos tratados con HM y con frío, después de un mes de cultivo. 237

A N E X O IV

JUSTIFICACION ESTADISTICA

1. TUBERCULOS DE PATATA

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Número de brotes de los tubérculos de cada lote a los 6 meses de almacenamiento y de los irradiados temprana y tardamente con 3 Krad a los 4, 5 y 6 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	n_i	n_1	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
6 meses TESTIGO	2'5	30	1'55	62	testigo	58	1'5	0'283	2	0'566	2'66	0'753	xx
IPC	1	"	0	0	"	"	4'2	0'674	"	1'348	"	1'793	xx
3 Krad I	6'7	"	3'35	50	"	"	2'1	0'499	"	0'998	"	1'327	xx
3 Krad II	4'6	"	2'25	49	"	"	0'8	0'413	"	0'826	"	1'098	xx
6 Krad II	3'3	"	1'65	50	"	"							
4 meses													
3 Krad I	1'7	30	0'51	30	3 Krad I	58	0'5	0'116	2	0'232	2'66	0'308	xx
3 Krad II	1'2	"	0'38	31'9	"	"							
5 meses													
3 Krad I	3'1	30	1'98	63'9	3 Krad I	58	0'9	0'431	2	0'862	2'66	1'146	*
3 Krad II	2'2	"	1'29	58'7	"	"							
6 meses													
3 Krad I	6'7	30	3'35	50	3 Krad I	58	2'1	0'737	2	1'474	2'66	1'96	xx
3 Krad II	4'6	"	2'25	49	"	"							

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)
 ** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Longitud total de brotes de los tubérculos de cada lote a los 6 meses de almacenamiento y de los irradiados temprana y tardamente con 3 Krad a los 4, 5 y 6 meses de la irradiación temprana.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
6 meses TESTIGO	34'8	30	25'99	76	testigo	58	33'2	4'745	2	9'490	2'66	12'622	**
IPC	1	"	0	0	"	"	12'3	5'381	"	10'762	"	14'313	*
3 Krad I	21'9	"	13'90	63'5	"	"	13'9	5'172	"	10'344	"	13'757	**
3 Krad II	20'3	"	11'27	55'5	"	"	27'3	4'829	"	9'658	"	12'845	**
6 Krad II	6'9	"	4'90	71	"	"							
4 meses 3 Krad I	3'8	30	1'52	40	3 Krad I	58	2'2	0'309	2	0'618	2'66	0'822	**
3 Krad II	1'6	"	0'74	46'9	"	"							
5 meses 3 Krad I	5'7	30	5'02	88	3 Krad I	58	0'7	1'19	2	2'380	2'66	3'165	
3 Krad II	5	"	4'16	83'3	"	"							
6 meses 3 Krad I	21'9	30	13'90	63'5	3 Krad I	58	1'6	3'267	2	6'534	2'66	8'69	
3 Krad II	20'3	"	11'27	55'5	"	"							

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos de cada lote a los 6 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Compara- cion	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>6 meses</u>													
TESTIGO	19'1	30	4'98	26'1	testigo	58	7'3	0'921	2	1'842	2'66	2'45	★
IPC	11'8	"	0'80	6'8	"	"	7'3	0'947	"	1'894	"	2'52	★
3 Krad I	11'8	"	1'46	12'4	"	"	3'6	1'014	"	2'028	"	2'70	★
3 Krad II	15'5	"	2'46	15'9	"	"	6'5	0'963	"	1'926	"	2'56	★
6 Krad I	12'6	"	1'74	13'8	"	"	5	0'997	"	1'994	"	2'65	★
6 Krad II	14'1	"	2'24	15'9	"	"	8'3	0'932	"	1'864	"	2'48	★
9 Krad I	10'8	"	1'11	10'3	"	"	6'6	0'929	"	1'858	"	2'47	★
9 Krad II	12'5	"	1'05	8'4	"	"	9'1	1'008	"	2'016	"	2'68	★
12 Krad I	10	"	2'38	23'8	"	"	7'5	0'915	"	1'83	"	2'43	★
12 Krad II	11'6	"	0'59	5'1	"	"							★

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos irradiados tempranamente con 3 y 6 Krad a lo largo del periodo de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
1 mes 3 Krad I 6 Krad I	1'9 2'6	30 "	0'23 0'43	12'2 16'7	3 Krad I	58	0'7	0'089	2	0'178	2'66	0'237	**
2 meses 3 Krad I 6 Krad I	3 4'1	30 "	0'38 0'71	12'5 17'2	3 Krad I	58	1'1	0'147	2	0'294	2'66	0'391	**
3 meses 3 Krad I 6 Krad I	4'6 6'2	30 "	0'57 0'98	12'3 15'8	3 Krad I	58	1'6	0'207	2	0'414	2'66	0'551	**
4 meses 3 Krad I 6 Krad I	6'4 8'4	30 "	0'77 1'33	12'1 15'8	3 Krad I	58	2	0'281	2	0'562	2'66	0'747	**
5 meses 3 Krad I 6 Krad I	8'8 10'9	30 "	0'97 1'54	11 14'1	3 Krad I	58	2'1	0'332	2	0'664	2'66	0'883	**
6 meses 3 Krad I 6 Krad I	11'8 12'6	30 "	1'46 1'74	12'4 13'8	3 Krad I	58	0'8	0'415	2	0'830	2'66	1'103	**

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos irradiados tempranamente con 3 y 9 Krad a lo largo del periodo de almacenamiento.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
1 mes 3 Krad I 9 Krad I	1'9 2'3	30 "	0'23 0'27	12'2 11'7	3 Krad I	58	0'4	0'064	2	0'128	2'66	0'170	**
2 meses 3 Krad I 9 Krad I	3 3'5	30 "	0'38 0'42	12'5 12	3 Krad I	58	0'5	0'103	2	0'206	2'66	0'274	**
3 meses 3 Krad I 9 Krad I	4'6 5'3	30 "	0'57 0'66	12'3 12'5	3 Krad I	58	0'7	0'159	2	0'318	2'66	0'423	**
4 meses 3 Krad I 9 Krad I	6'4 7'3	30 "	0'77 0'87	12'1 11'9	3 Krad I	58	0'9	0'212	2	0'424	2'66	0'564	**
5 meses 3 Krad I 9 Krad I	8'8 9'5	30 "	0'97 1'23	11 13	3 Krad I	58	0'7	0'286	2	0'572	2'66	0'761	*
6 meses 3 Krad I 9 Krad I	11'8 10'8	30 "	1'46 1'11	12'4 10'3	3 Krad I	58	1	0'335	2	0'67	2'66	0'891	**

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos irradiados tempranamente con 3 y 12 Krad a lo largo del periodo de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
1 mes 3 Krad I	1'9	30	0'23	12'2	3 Krad I	58	0'2	0'095					
12 Krad I	2'1	"	0'47	22'6					2	0'190	2'66	0'253	*
2 meses 3 Krad I	3	30	0'38	12'5	3 Krad I	58	0'2	0'153	2	0'306	2'66	0'407	
12 Krad I	3'2	"	0'75	23'3									
3 meses 3 Krad I	4'6	30	0'57	12'3	3 Krad I	58	0'3	0'231	2	0'462	2'66	0'614	
12 Krad I	4'9	"	1'13	23									
4 meses 3 Krad I	6'4	30	0'77	12'1	3 Krad I	58	0'2	0'314	2	0'628	2'66	0'835	
12 Krad I	6'6	"	1'54	23'4									
5 meses 3 Krad I	8'8	30	0'97	11	3 Krad I	58	0'2	0'416	2	0'832	2'66	1'107	
12 Krad I	8'6	"	2'06	24									
6 meses 3 Krad I	11'8	30	1'46	12'4	3 Krad I	58	1'8	0'510	2	1'020	2'66	1'357	**
12 Krad I	10	"	2'38	23'8									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3 Krad a los 3, 4, 5 y 6 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
3 meses 3 Krad I	4'6	30	0'57	12'3	3 Krad I	58	2'2	0'122	2	0'244	2'66	0'324	**
3 Krad II	6'8	"	0'35	5'1									
4 meses 3 Krad I	6'4	30	0'77	12'1	3 Krad I	58	2'5	0'196	2	0'392	2'66	0'521	**
3 Krad II	8'9	"	0'75	8'4									
5 meses 3 Krad I	8'8	30	0'97	11	3 Krad I	58	3	0'340	2	0'680	2'66	0'904	**
3 Krad II	11'8	"	1'59	13'5									
6 meses 3 Krad I	11'8	30	1'46	12'4	3 Krad I	58	3'7	0'522	2	1'044	2'66	1'388	**
3 Krad II	15'5	"	2'46	15'9									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 6 Krad a los 3, 4, 5 y 6 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
3 meses 6 Krad I	6'2	30	0'98	15'8	6 Krad I	58	0'8	0'195	2	0'390	2'66	0'519	**
6 Krad II	7	"	0'43	6'2									
4 meses 6 Krad I	8'4	30	1'33	15'8	6 Krad I	58	0'7	0'288	2	0'576	2'66	0'766	*
6 Krad II	9'1	"	0'85	9'3									
5 meses 6 Krad I	10'9	30	2'41	14'1	6 Krad I	58	0'8	0'517	2	1'034	2'66	1'375	
6 Krad II	11'7	"	1'49	12'7									
6 meses 6 Krad I	12'6	30	1'79	13'8	6 Krad I	58	1'5	0'518	2	1'036	2'66	1'378	**
6 Krad II	14'1	"	2'24	15'9									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 9 Krad a los 3, 4, 5 y 6 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m _i	n _i	σ _i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ _d	t ₉₅	σ _d × t ₉₅	t ₉₉	σ _d × t ₉₉	
<u>3 meses</u>													
9 Krad I	5'3	30	0'66	12'5	9 Krad I	58	1'5	0'127	2	0'254	2'66	0'338	★
9 Krad II	6'8	"	0'22	3'3									
<u>4 meses</u>													
9 Krad I	7'3	30	0'87	11'9	9 Krad I	58	1'2	0'181	2	0'362	2'66	0'481	★
9 Krad II	8'5	"	0'48	5'7									
<u>5 meses</u>													
9 Krad I	9'5	30	1'23	13	9 Krad I	58	1'2	0'267	2	0'534	2'66	0'710	★
9 Krad II	10'7	"	0'79	7'4									
<u>6 meses</u>													
9 Krad I	10'8	30	1'11	10'3	9 Krad I	58	1'7	0'279	2	0'558	2'66	0'742	★
9 Krad II	12'5	"	1'05	8'4									

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Pérdida de peso respecto al peso inicial de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 12 Krad a los 3, 4, 5 y 6 meses de la irradiación temprana.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>3 meses</u>													
12 Krad I	4'9	30	1'13	23	12 Krad I	58	1'7	0'208	2	0'416	2'66	0'553	**
12 Krad II	6'6	"	0'14	2'1									
<u>4 meses</u>													
12 Krad I	6'6	30	1'54	23'4	12 Krad I	58	1'7	0'285	2	0'570	2'66	0'758	**
12 Krad II	8'3	"	0'27	3'3									
<u>5 meses</u>													
12 Krad I	8'6	30	2'06	24	12 Krad I	58	1'5	0'385	2	0'770	2'66	1'024	**
12 Krad II	10'1	"	0'46	4'6									
<u>6 meses</u>													
12 Krad I	10	30	2'38	23'8	12 Krad I	58	1'6	0'448	2	0'896	2'66	1'192	**
12 Krad II	11'6	"	0'59	5'1									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en humedad de los tubérculos de cada lote a los 4 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>4 meses</u>													
TESTIGO	80'9	9	1'73	2'14	testigo	19	1'3	1'185	2'093	2'48	2'861	3'390	
IPC	82'2	12	3'58	4'36	"	"	0'8	0'676	"	1'41	"	1'934	
3 Krad I	81'7	"	1'21	1'48	"	"	1	0'923	"	1'93	"	2'641	
3 Krad II	81'9	"	2'49	3'05	"	"	1'4	0'856	"	1'79	"	2'449	
6 Krad I	82'3	"	2'19	2'66	"	"	0'4	0'701	2'131	1'49	2'947	2'066	
6 Krad II	80'5	8	1'15	1'43	"	15	2'6	0'854	2'093	1'79	2'861	2'443	
9 Krad I	83'5	12	2'18	2'60	"	19	1'6	1'134	"	2'37	"	3'244	
9 Krad II	82'5	"	3'38	4'1	"	"	0'8	1'005	2'160	2'17	3'012	3'027	
12 Krad I	81'7	6	2'02	2'47	"	13	1'7	0'806	2'131	1'72	2'947	2'375	★★
12 Krad II	82'6	8	1'59	1'92	"	15							

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en humedad de los tubérculos irradiados temprana y tardamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 4 meses de la irradiación temprana.

$$\sigma_d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>4 meses</u>													
3 Krad I	81'7	12	1'21	1'48	3 Krad I	22	0'2	0'80	2'074	1'66	2'819	2'255	
3 Krad II	81'9	"	2'49	3'05									
6 Krad I	82'3	12	2'19	2'66	6 Krad I	18	1'8	0'75	2'101	1'58	2'878	2'160	*
6 Krad II	80'5	8	1'15	1'43									
9 Krad I	83'5	12	2'18	2'60	9 Krad I	22	1	1'16	2'074	2'41	2'819	3'270	
9 Krad II	82'5	"	3'38	4'1									
12 Krad I	81'7	6	2'02	2'47	12 Krad I	12	0'9	0'99	2'179	2'16	3'055	3'024	
12 Krad II	82'6	8	1'59	1'92									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Consumo de oxígeno del parénquima de los tubérculos de cada lote a los 0'5 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
0'5 meses													
TESTIGO					testigo	10	0'052	0'014	2'228	0'031	3'169	0'044	**
IPC	0'324	6	0'020	6'1	"	"	0'072	0'011	"	0'024	"	0'035	**
3 Krad I	0'272	"	0'017	10'4	"	"	0'025	0'025	"	0'056	"	0'079	**
6 Krad I	0'252	"	0'057	6'9	"	"	0'125	0'015	2'306	0'034	3'355	0'050	**
9 Krad I	0'299	"	0'024	19'2	"	8	0'107	0'023	2'262	0'052	3'250	0'075	**
12 Krad I	0'449	4	0'048	5'4	"	9							
	0'431	5		11'1									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Consumo de oxígeno del parénquima de los tubérculos de cada lote
a los 2'5 meses de almacenamiento.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>2'5 meses</u>													
TESTIGO	0'278	6	0'010	3'6	testigo	10	0'04	0'006	2'228	0'013	3'169	0'019	**
IPC	0'238	"	0'010	4'2	"	"	0'002	0'016	"	0'036	"	0'051	**
3 Krad I	0'280	"	0'039	13'8	"	"	0'007	0'010	"	0'022	"	0'032	**
3 Krad II	0'271	"	0'022	8'2	"	"	0'075	0'023	"	0'051	"	0'073	**
6 Krad I	0'353	"	0'056	16	"	"	0'062	0'034	"	0'076	"	0'108	**
6 Krad II	0'340	"	0'083	24'4	"	"	0'026	0'017	2'262	0'038	3'250	0'055	*
9 Krad I	0'304	5	0'037	12'3	"	9	0'034	0'015	2'228	0'033	3'169	0'047	*
9 Krad II	0'312	6	0'035	11'1	"	10	0'057	0'020	2'262	0'045	3'250	0'065	*
12 Krad I	0'335	5	0'043	12'7	"	9	0'049	0'012	2'228	0'027	3'169	0'038	**
12 Krad II	0'229	6	0'028	12'3	"	10							

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Consumo de oxígeno del parénquima de los tubérculos de cada lote a los 4'5 meses de almacenamiento.

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_i^2 \frac{1}{n_i} + \sigma_1^2 \frac{1}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>4'5 meses</u>													
TESTIGO	0'175	6	0'009	5'4	testigo	10	0'085	0'011	2'228	0'024	3'169	0'035	**
IPC	0'260	"	0'024	9'4	"	"	0'009	0'006	"	0'013	"	0'019	*
3 Krad I	0'184	"	0'010	5'4	"	"	0'024	0'008	"	0'018	"	0'025	**
3 Krad II	0'199	"	0'017	8'6	"	"	0'069	0'014	"	0'031	"	0'044	**
6 Krad I	0'244	"	0'033	13'6	"	"	0'105	0'012	"	0'027	"	0'038	**
6 Krad II	0'280	"	0'028	10'1	"	"	0'063	0'013	"	0'029	"	0'041	**
9 Krad I	0'238	"	0'031	13'9	"	"	0'008	0'007	2'262	0'016	3'250	0'023	**
9 Krad II	0'167	5	0'014	8'4	"	9	0'084	0'011	2'228	0'025	3'169	0'035	**
12 Krad I	0'259	6	0'026	10'2	"	10	0'033	0'008	"	0'018	"	0'025	**
12 Krad II	0'208	"	0'017	8'3	"	"							

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Consumo de oxígeno del parénquima de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 2'5 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_1 - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_1	n_1	σ_1	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
<u>2'5 meses</u>												
3 Krad I	0'280	6	0'039	13'8	3 Krad I	10	0'009	0'018	2'228	0'040	3'169	0'057
3 Krad II	0'271	"	0'022	8'2	"	"	"	"	"	"	"	"
6 Krad I	0'353	6	0'056	16	6 Krad I	10	0'013	0'041	2'228	0'091	3'169	0'130
6 Krad II	0'340	"	0'083	24'4	"	"	"	"	"	"	"	"
9 Krad I	0'304	5	0'037	12'3	9 Krad I	9	0'008	0'022	2'262	0'050	3'250	0'071
9 Krad II	0'312	6	0'035	11'1	"	"	"	"	"	"	"	"
12 Krad I	0'335	5	0'043	12'7	12 Krad I	9	0'106	0'022	2'262	0'050	3'250	0'071
12 Krad II	0'229	6	0'028	12'3	"	"	"	"	"	"	"	★★

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Consumo de oxígeno del parénquima de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 4'5 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
<u>4'5 meses</u>												
3 Krad I	0'184	6	0'010	5'4								
3 Krad II	0'199	"	0'017	8'6	3 Krad I	10	0'015	0'008	2'228	0'018	3'169	0'025
6 Krad I	0'244	6	0'033	13'6								
6 Krad II	0'280	"	0'028	10'1	6 Krad I	10	0'036	0'018	2'228	0'040	3'169	0'057
9 Krad I	0'238	6	0'031	13'9								
9 Krad II	0'167	5	0'014	8'4	9 Krad I	9	0'071	0'014	2'262	0'032	3'250	0'046
12 Krad I	0'259	6	0'026	10'2								
12 Krad II	0'209	"	0'017	8'3	12 Krad I	10	0'051	0'013	2'228	0'029	3'169	0'041

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en azúcares reductores de los tubérculos de cada lote a los 5 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Compara cion	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>5 meses</u>													
TESTIGO					testigo								
IPC	0'186	3	0'027	14'4		5	0'364	0'048	2'571	0'123	4'032	0'194	★
3 Krad I	0'550	4	0'091	16'6	"	"	0'013	0'024	"	0'062	"	0'097	
3 Krad II	0'199	"	0'037	18'5	"	4	0'023	0'020	2'776	0'055	4'604	0'092	
6 Krad I	0'163	3	0'021	12'9	"	"	0'012	0'016	"	0'044	"	0'074	
6 Krad II	0'174	"	0'007	4'1	"	"	0'026	0'019	"	0'053	"	0'087	
9 Krad I	0'160	"	0'020	12'3	"	"	0'044	0'028	"	0'078	"	0'129	
9 Krad II	0'230	"	0'040	17'6	"	6	0'053	0'022	2'447	0'054	3'707	0'082	
12 Krad I	0'239	5	0'035	14'6	"	5	0'075	0'023	2'571	0'059	4'032	0'093	★
12 Krad II	0'261	4	0'033	12'7	"	4	0'059	0'026	2'776	0'072	4'604	0'119	
12 Krad II	0'245	3	0'035	14'2	"								

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en azúcares reductores de los tubérculos irradiados temprana y tardamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 5 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	U.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
<u>5 meses</u>												
3 Krad I	0'199	4	0'037	18'5	3 Krad I	5	0'036	0'022	2'571	0'057	4'032	0'089
3 Krad II	0'163	3	0'021	12'9	6 Krad I	4	0'014	0'012	2'776	0'034	4'604	0'056
6 Krad I	0'174	3	0'007	4'1	9 Krad I	6	0'009	0'028	2'447	0'068	3'707	0'103
6 Krad II	0'160	"	0'020	12'3	12 Krad I	5	0'016	0'026	2'571	0'067	4'032	0'105
9 Krad I	0'230	3	0'040	17'6								
9 Krad II	0'239	5	0'035	14'6								
12 Krad I	0'261	4	0'033	12'7								
12 Krad II	0'245	3	0'035	14'2								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en azúcares totales de los tubérculos de cada lote a los 5 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	*
<u>5 meses</u>													
TESTIGO	0'435	3	0'107	24'6	testigo	5	0'434	0'108	2'571	0'278	4'032	0'435	*
IPC	0'869	4	0'178	20'53	"	6	0'026	0'064	2'447	0'155	3'707	0'235	
3 Krad I	0'409	5	0'033	8	"	4	0'099	0'067	2'776	0'186	4'604	0'308	
3 Krad II	0'336	3	0'047	14'1	"	"	0'077	0'068	"	0'189	"	0'313	
6 Krad I	0'358	"	0'051	14'3	"	5	0'088	0'075	2'571	0'193	4'032	0'302	
6 Krad II	0'347	4	0'086	24'7	"	5	0'017	0'069	"	0'177	"	0'278	
9 Krad I	0'452	"	0'061	13'5	"	6	0'046	0'066	2'447	0'161	3'707	0'245	
9 Krad II	0'389	5	0'055	14'1	"	5	0'026	0'062	2'571	0'159	4'032	0'250	
12 Krad I	0'409	4	0'017	4'2	"	6	0'220	0'074	2'447	0'181	3'707	0'274	*
12 Krad II	0'655	5	0'093	14'2	"								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en azúcares totales de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 5 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
<u>5 meses</u>												
3 Krad I	0'409	5	0'033	8	3 Krad I	6	0'073	0'031	2'447	0'076	3'707	0'114
3 Krad II	0'336	3	0'047	14'1								
6 Krad I	0'358	3	0'051	14'3	6 Krad I	5	0'011	0'052	2'571	0'134	4'032	0'210
6 Krad II	0'347	4	0'086	24'7								
9 Krad I	0'452	4	0'061	13'5	9 Krad I	7	0'063	0'039	2'365	0'092	3'499	0'136
9 Krad II	0'389	5	0'055	14'1								
12 Krad I	0'409	4	0'017	4'2	12 Krad I	7	0'246	0'042	2'365	0'099	3'499	0'147
12 Krad II	0'655	5	0'093	14'2								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tubérculos de cada lote al mes de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\sigma_i^2 \frac{1}{n_i} + \sigma_1^2 \frac{1}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
1 mes													
TESTIGO	12'1	4	1'73	14'3	testigo	8	6'8	1'189	2'306	2'742	3'355	3'989	★
IPC	18'9	6	2	10'6	"	"	0'4	1'037	"	2'391	"	3'479	
3 Krad I	11'7	"	1'40	12'0	"	7	0'8	1'16	2'365	2'743	3'499	4'059	
6 Krad I	11'3	5	1'74	15'4	"	8	2	1'039	2'306	2'395	3'355	3'486	
9 Krad I	14'1	6	1'41	10	"	"	1'9	0'897	"	2'068	"	3'001	★★
12 Krad I	14'0	"	0'58	4'19	"	"							

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tubérculos de cada lote a los 3 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>3 meses</u>													
TESTIGO					testigo								
IPC	11'2	4	1'0	8'9	"	8	1'1	0'535	2'306	1'234	3'355	1'794	
3 Krad I	12'3	6	0'47	3'8	"	"	0'90	0'602	"	1'388	"	2'019	
3 Krad II	10'3	"	0'82	8'0	"	6	0'90	0'864	2'447	2'114	3'707	3'203	
6 Krad I	10'3	4	1'41	13'7	"	8	1'1	0'643	2'306	1'482	3'355	2'157	
6 Krad II	10'1	6	0'99	9'8	"	6	0'90	0'707	2'447	1'73	3'707	2'62	
9 Krad I	10'3	4	1'0	9'7	"	8	2'0	0'645	2'306	1'487	3'355	2'164	*
9 Krad II	9'2	6	1'0	10'9	"	6	2'5	0'707	2'447	1'73	3'707	2'62	*
12 Krad I	8'7	4	1'0	11'5	"	8	1'1	0'645	2'306	1'487	3'355	2'164	**
12 Krad II	10'1	6	1'0	9'9	"	4	3'7	0'533	2'776	1'479	4'604	2'454	
12 Krad II	7'5	2	0'26	3'5	"								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tubérculos de cada lote a los 5 meses de almacenamiento.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

$$d = m_i - m_1$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
<u>5 meses</u>													
TESTIGO	3'9	5	0'97	24'7	testigo	9	3'7	0'597	2'262	1'350	3'250	1'94	★
IPC	7'6	6	1'0	13'2	"	"	0'4	0'585	"	1'323	"	1'90	★
3 Krad I	3'5	"	0'96	27'4	"	"	4'7	0'596	"	1'348	"	1'937	★
3 Krad II	8'6	"	1'0	11'6	"	"	1'1	0'496	"	1'122	"	1'612	★
6 Krad I	5	"	0'59	11'8	"	"	3'6	0'522	"	1'181	"	1'696	★
6 Krad II	7'5	"	0'71	9'4	"	"	0'1	0'484	2'365	1'145	3'499	1'693	★
9 Krad I	4	4	0'43	10'9	"	7	3'3	0'538	2'262	1'217	3'250	1'748	★
9 Krad II	7'2	6	0'78	10'9	"	9	2'4	0'596	"	1'348	"	1'937	★
12 Krad I	6'3	"	1'0	15'8	"	"	2'1	0'595	2'306	1'372	3'355	1'996	★
12 Krad II	6	5	0'91	15'1	"	8							★

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)
 ★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 3 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
3 meses												
3 Krad I	10'3	6	0'82	8	3 Krad I	8	0					
3 Krad II	10'3	4	1'41	13'7								
6 Krad I	10'1	6	0'99	9'8	6 Krad I	8	0'2	0'62	2'306	1'429	3'355	2'08
6 Krad II	10'3	4	1'0	9'7								
9 Krad I	9'2	6	1'0	10'9								
9 Krad II	8'7	4	1'0	11'5	9 Krad I	8	0'5	0'645	2'306	1'487	3'355	2'164
12 Krad I	10'1	6	1'0	9'9								
12 Krad II	7'5	2	0'26	3'5	12 Krad I	6	2'6	0'448	2'447	1'096	3'707	1'661

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 5 meses de la irradiación temprana.

$$\sigma_d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
5 meses												
3 Krad I	3'5	6	0'96	27'4	3 Krad I	10	5'1	0'566	2'228	1'26	3'169	1'79
3 Krad II	8'6	"	1	11'6								xx
6 Krad I	5	6	0'59	11'8	6 Krad I	10	2'5	0'377	2'228	0'84	3'169	1'19
6 Krad II	7'5	"	0'71	9'4								xx
9 Krad I	4	4	0'43	10'9	9 Krad I	8	3'2	0'384	2'306	0'88	3'355	1'29
9 Krad II	7'2	6	0'78	10'9								xx
12 Krad I	6'3	6	1	15'8	12 Krad I	9	0'3	0'576	2'262	1'30	3'250	1'87
12 Krad II	6	5	0'91	15'1								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

xx Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Conductividad de los tubérculos de cada lote a los 2 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
2 meses												
TESTIGO	0'209	4	0'025	11'9	testigo	6	0'008	0'0138	2'447	0'034	3'707	0'051
IPC	0'201	"	0'012	5'9	"	"	0'009	0'0169	"	0'041	"	0'063
3 Krad I	0'200	"	0'023	11'3	"	"	0'031	0'0136	"	0'033	"	0'050
6 Krad I	0'178	"	0'011	6'1	"	"	0'036	0'0128	"	0'031	"	0'047
9 Krad I	0'173	"	0'006	3'6	"	"	0'04	0'0143	"	0'035	"	0'053
12 Krad I	0'169	"	0'014	8'5	"	"						

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)
 ** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Conductividad de los tubérculos de cada lote a los 4 meses de almacenamiento.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
4 meses													
TESTIGO	0'254	4	0'011	4'5	testigo	6	0'028	0'0089	2'447	0'022	3'707	0'033	x
IPC	0'226	"	0'014	6	"	"	0'037	0'0101	"	0'025	"	0'037	xx
3 Krad I	0'217	"	0'017	7'9	"	"	0'036	0'0101	"	0'025	"	0'037	x
3 Krad II	0'218	"	0'017	7'8	"	"	0'047	0'0146	"	0'036	"	0'054	x
6 Krad I	0'207	"	0'027	13'1	"	"	0'045	0'0074	"	0'018	"	0'027	xx
6 Krad II	0'209	"	0'01	4'6	"	"	0'078	0'0085	"	0'021	"	0'031	xx
9 Krad I	0'176	"	0'013	7'3	"	"	0'064	0'0071	"	0'017	"	0'026	xx
9 Krad II	0'190	"	0'009	4'3	"	"	0'056	0'0074	"	0'018	"	0'027	xx
12 Krad I	0'198	"	0'01	5'2	"	"	0'031	0'0074	"	0'018	"	0'027	xx
12 Krad II	0'223	"	0'01	4'3	"	"				0'018	"	0'027	xx

x Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

xx Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Conductividad de los tubérculos de cada lote a los 6 meses de almacenamiento.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

$$d = m_1 - m_2$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_1	n_1	σ_1	C.V.	Comparacion	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
<u>6 meses</u>												
TESTIGO	0'179	4	0'015	8'4	testigo	6	0'005	0'0106	2'447	0'026	3'707	0'039
3 Krad I	0'174	"	0'015	8'5	"	"	0'023	0'0075	"	0'018	"	0'028
3 Krad II	0'156	"	0'0003	0'2	"	"	0'016	0'0085	"	0'021	"	0'031
6 Krad I	0'163	"	0'008	4'8	"	"	0'028	0'0078	"	0'019	"	0'029
6 Krad II	0'151	"	0'004	2'5	"	"	0'007	0'0087	"	0'021	"	0'032
9 Krad II	0'186	"	0'009	4'6	"	"						

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Conductividad de los tubérculos irradiados temprana y tardamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 4 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m _i	n _i	σ _i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ _d	t ₉₅	σ _d × t ₉₅	t ₉₉	σ _d × t ₉₉
4 meses												
3 Krad I	0'217	4	0'017	7'9	3 Krad I	6	0'001	0'012	2'447	0'029	3'707	0'044
3 Krad II	0'218	"	0'017	7'8								
6 Krad I	0'207	4	0'027	13'1	6 Krad I	6	0'002	0'014	2'447	0'034	3'707	0'052
6 Krad II	0'209	"	0'01	4'6								
9 Krad I	0'176	4	0'013	7'3	9 Krad I	6	0'014	0'0077	2'447	0'019	3'707	0'028
9 Krad II	0'190	"	0'009	4'3								
12 Krad I	0'198	4	0'01	5'2	12 Krad I	6	0'025	0'0071	2'447	0'017	3'707	0'026
12 Krad II	0'223	"	0'01	4'3								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Conductividad de los tubérculos irradiados temprana y tardamente con 3 y 6 Krad a los 6 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
6 meses												
3 Krad I	0'174	4	0'015	8'5	3 Krad I	6	0'018	0'007	2'447	0'018	3'707	0'026
3 Krad II	0'156	"	0'0003	0'2								
6 Krad I	0'163	4	0'008	4'8	6 Krad I	6	0'012	0'0044	2'447	0'011	3'707	0'016
6 Krad II	0'151	"	0'004	2'5								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)
 ** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: pH de los tubérculos de cada lote a los 2 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
<u>2 meses</u>												
TESTIGO	6.17	4	0.389	6.3	testigo	6	0.87	0.412	2.447	1.008	3.707	1.527
IPC	5.3	"	0.726	13.7	"	"	1.4	0.298	"	0.729	"	1.105
3 Krad I	4.77	"	0.453	9.5	"	"	0.62	0.348	"	0.852	"	1.29
6 Krad I	5.55	"	0.577	10.4	"	"	0.72	0.376	"	0.92	"	1.393
9 Krad I	5.45	"	0.643	15.7	"	"	0.75	0.467	"	1.143	"	1.731
12 Krad I	5.42	"	0.851	15.7	"	"						

• Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

•• Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

••

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: pH de los tubérculos de cada lote a los 4 meses de almacenamiento.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparacion	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
4 meses												
TESTIGO	6'32	4	0'467	7'4	testigo	6	0'31	0'262	2'447	0'641	3'707	0'971
1PC	6'01	"	0'24	4	"	"	0'28	0'287	"	0'702	"	1'064
3 Krad I	6'6	"	0'336	5'1	"	"	0'02	0'235	"	0'575	"	0'871
3 Krad II	6'3	"	0'063	1	"	"	0'03	0'245	"	0'599	"	0'908
6 Krad I	6'35	"	0'152	2'4	"	"	0'15	0'25	"	0'612	"	0'927
6 Krad II	6'17	"	0'191	3'1	"	"	0'01	0'235	"	0'575	"	0'871
9 Krad I	6'33	"	0'063	1	"	"	0'12	0'242	"	0'592	"	0'897
9 Krad II	6'2	"	0'13	2'1	"	"	0'05	0'236	"	0'577	"	0'875
12 Krad I	6'27	"	0'075	1'2	"	"	0					
12 Krad II	6'32	"	0'347	5'5	"	"						

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)
 ** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: pH de los tubérculos irradiados temprana y tardamente con 3, 6, 9 y 12 Krad a los 4 meses de la irradiación temprana.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
4 meses												
3 Krad I	6'6	4	0'336	5'1	3 Krad I	6	0'3	0'17	2'447	0'416	3'707	0'63
3 Krad II	6'3	"	0'063	1								
6 Krad I	6'35	4	0'152	2'4	6 Krad I	6	0'18	0'076	2'447	0'186	3'707	0'282
6 Krad II	6'17	"	0'191	3'1								
9 Krad I	6'33	4	0'063	1	9 Krad I	6	0'13	0'119	2'447	0'291	3'707	0'441
9 Krad II	6'2	"	0'13	2'1								
12 Krad I	6'27	4	0'075	1'2	12 Krad I	6	0'05	0'177	2'447	0'433	3'707	0'656
12 Krad II	6'32	"	0'347	5'5								

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

2. TEJIDOS DE PARENQUIMA AMILIFERO

DE PATATA CULTIVADOS "IN VITRO"

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Incremento de peso fresco en los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO	1814	25	431	23'7	testigo	50	493	106'8	2'010	214'7	2'682	286'4
3 Krad I	1321	27	328	24'8	"	45	338	119'8	2'021	242'1	2'704	323'9
6 Krad I	1476	22	390	26'4	"	47	587	112'1	2'010	225'3	2'682	300'6
9 Krad I	1227	24	351	28'6	"	52	413	104'9	"	210'8	"	281'3
12 Krad I	1401	29	322	23	"							

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Incremento de peso fresco en los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos testigo e irradiados temprana y tardíamente, después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\sigma_i^2 \frac{1}{n_i} + \sigma_1^2 \frac{1}{n_1}}$$

$$d \geq \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia significativa}$$

$$d < \sigma_d \times t_p \quad \text{Diferencia no significativa}$$

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	U.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
Siembra de Marzo													
TESTIGO	2634	17	849	32'2	testigo	44	529	231'4	2'021	467'6	2'704	625'7	*
3 Krad I	2105	29	569	27'0	"	37	297	223'3	2'021	451'3	2'704	603'8	**
3 Krad II	2337	22	405	17'3	"	47	942	218'7	2'010	439'6	2'682	586'5	**
6 Krad I	1692	32	417	24'6	"	41	444	224'6	2'021	453'9	2'704	607'3	**
6 Krad II	2190	26	458	20'9	"	49	709	219'4	2'010	441	2'682	588'4	*
9 Krad I	1925	34	441	22'9	"	"	148	215'9	"	434	"	579	**
9 Krad II	2486	"	378	15'2	"	42	723	285'5	2'021	577	2'704	772	*
12 Krad I	3357	27	1028	30'6	"	34	774	239'1	2'0315	485'7	2'727	652	**
12 Krad II	3408	19	530	15'6	"								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Incremento de peso fresco en los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad, después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Compara- cion	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Marzo												
3 Krad I	2105	29	569	27								
3 Krad II	2337	22	405	17'3	3 Krad I	49	232	136'4	2'010	274'2	2'682	365'8
6 Krad I	1692	32	417	24'6								
6 Krad II	2190	26	458	20'9	6 Krad I	56	498	116'2	2'000	232'4	2'660	309'1
9 Krad I	1925	34	441	22'9								
9 Krad II	2486	"	378	15'2	9 Krad I	66	561	99'6	2'000	199'2	2'660	264'9
12 Krad I	3357	27	1028	30'6								
12 Krad II	3408	19	530	15'6	12 Krad I	44	51	232'2	2'021	469'3	2'704	627'8

• Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

•• Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Incremento de peso seco en los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, después de cuatro meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO	320'2	25	57'4	17'9								
3 Krad I	155'5	27	57'9	37'2	testigo	50	164'7	16	2'010	32'2	2'682	42'9
6 Krad I	159'1	22	56'9	35'8	"	45	161'1	16'7	2'021	33'7	2'704	45'2
9 Krad I	117	24	64'7	55'3	"	47	203'2	17'5	2'010	35'2	2'682	46'9
12 Krad I	113	29	50'5	44'7	"	52	207'2	14'8	"	29'7	"	39'7

Δ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

ΔΔ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Incremento de peso seco en los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos testigo e irradiados temprana y tardíamente, después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Marzo												
TESTIGO	110'2	17	72	65'3	testigo	44	84'4	22'4	2'021	45'3	2'704	60'6
3 Krad I	124'6	29	75'8	38'9	"	37	20'5	22'3	"	45'1	"	60'3
3 Krad II	130'7	22	65'4	50	"	47	57'5	23'5	2'010	47'2	2'682	63
6 Krad I	167'7	32	88'7	52'9	"	41	48'9	21'2	2'021	42'8	2'704	57'3
6 Krad II	61'3	26	61'6	100'5	"	49	125'3	21'3	2'010	42'8	2'682	57'1
9 Krad I	235'5	34	71'1	30'2	"	"	65'8	19'7	"	39'6	"	52'8
9 Krad II	176	"	53'7	30'5	"	42	38'8	21'2	2'021	42'8	2'704	57'3
12 Krad I	149	27	62'7	42'1	"	34	102'1	22'1	2'0315	44'9	2'727	60'3
12 Krad II	212'3	19	58'8	27'7	"							

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Incremento de peso seco en los tejidos de parénquima amilífero, sendos en Marzo, de tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad, después de tres meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
Siembra de Marzo													
3 Krad I	194'6	29	75'8	38'9	3 Krad I	49	63'9	19'8	2'010	39'8	2'682	53'1	**
3 Krad II	130'7	22	65'4	50									
6 Krad I	167'7	32	88'7	52'9	6 Krad I	56	106'4	19'8	2'000	39'6	2'660	52'7	**
6 Krad II	61'3	26	61'6	100'5									
9 Krad I	235'5	34	71'1	30'2	9 Krad I	66	59'5	15'3	2'000	30'6	2'660	40'7	**
9 Krad II	176	"	53'7	30'5									
12 Krad I	149	27	62'7	42'1	12 Krad I	44	63'3	18'1	2'021	36'6	2'704	48'9	**
12 Krad II	212'3	19	58'8	27'7									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, después de 4 meses de cultivo

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO	0'716	3	0'034	4'8								
3 Krad I	0'348	4	0'065	18'6	testigo	5	0'368	0'036	2'571	0'093	4'032	0'145
6 Krad I	0'451	3	0'105	23'2	"	4	0'265	0'062	2'776	0'172	4'604	0'285
9 Krad I	0'435	4	0'024	5'6	"	5	0'281	0'020	2'571	0'051	4'032	0'081
12 Krad I	0'304	"	0'031	10'9	"	"	0'412	0'022	"	0'057	"	0'089

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, en el momento de la siembra y después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO (valor inicial)	0'278	6	0'010	3'6								
TESTIGO (valor final)	0'716	3	0'034	4'8	testigo (inicial)	7	0'438	0'017	2'365	0'040	3'499	0'059
3 Krad I (inic.)	0'280	6	0'039	13'8	3 Krad I (inicial)	8	0'068	0'035	2'306	0'081	3'355	0'117
3 Krad I (final)	0'348	4	0'065	18'6								
6 Krad I (inic.)	0'353	6	0'056	16	6 Krad I (inicial)	7	0'098	0'064	2'365	0'151	3'499	0'224
6 Krad I (final)	0'451	3	0'105	23'2								
9 Krad I (inic.)	0'304	5	0'037	12'3	9 Krad I (inicial)	7	0'131	0'017	2'365	0'040	3'499	0'059
9 Krad I (final)	0'435	4	0'024	5'6								
12 Krad I (inic.)	0'335	5	0'043	12'7	12 Krad I (inicial)	7	0'0310	0'022	2'365	0'052	3'499	0'077
12 Krad I (final)	0'304	4	0'031	10'9								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos testigo e irradiados temprana y tardíamente, después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
Siembra de Marzo													
TESTIGO													
3 Krad I	0'819	3	0'041	5	testigo	5	0'406	0'046	2'571	0'118	4'032	0'185	xx
3 Krad II	0'413	4	0'082	19'8	"	4	0'146	0'022	2'776	0'061	4'604	0'101	xx
6 Krad I	0'673	3	0'014	2'1	"	"	0'372	0'049	"	0'136	"	0'225	xx
6 Krad II	0'447	"	0'077	17'2	"	5	0'311	0'060	2'571	0'154	4'032	0'242	xx
9 Krad I	0'508	4	0'113	22'2	"	6	0'312	0'030	2'447	0'073	3'707	0'111	xx
9 Krad II	0'507	5	0'046	9	"	5	0'229	0'054	2'571	0'139	4'032	0'218	xx
12 Krad I	0'590	4	0'098	16'7	"	"	0'048	0'069	"	0'177	"	0'278	xx
12 Krad II	0'771	"	0'132	17'1	"	4	0'102	0'081	2'776	0'225	4'604	0'373	xx
12 Krad II	0'717	3	0'135	18'9	"								

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)
 ★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad, después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_j^2}{n_j}}$$

$$d = m_i - m_j$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Marzo												
3 Krad I	0'413	4	0'082	19'8	3 Krad I	5	0'260	0'040	2'571	0'103	4'032	0'161
3 Krad II	0'673	3	0'014	2'1								
6 Krad I	0'447	3	0'077	17'2	6 Krad I	5	0'061	0'071	2'571	0'182	4'032	0'286
6 Krad II	0'508	4	0'113	22'2								
9 Krad I	0'507	5	0'046	9	9 Krad I	7	0'083	0'053	2'365	0'125	3'499	0'185
9 Krad II	0'590	4	0'098	16'7								
12 Krad I	0'771	4	0'132	17'1	12 Krad I	5	0'054	0'101	2'571	0'260	4'032	0'407
12 Krad II	0'717	3	0'135	18'9								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, en el momento de la siembra y después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{n_1} + \frac{\sigma_2^2}{n_2}}$$

$$d = m_2 - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_1	n_1	σ_1	G.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Marzo												
TESTIGO (valor inicial)	0'175	6	0'009	5'4								
TESTIGO (valor final)	0'819	3	0'041	5	testigo (inicial)	7	0'644	0'022	2'365	0'052	3'499	0'077
3 Krad I (inic.)	0'184	6	0'010	5'4	3 Krad I (inicial)	8	0'229	0'040	2'306	0'092	3'355	0'134
3 Krad I (final)	0'413	4	0'082	19'8	6 Krad I (inicial)	7	0'203	0'045	2'365	0'106	3'499	0'157
6 Krad I (inic.)	0'244	6	0'033	13'6	9 Krad I (inicial)	9	0'269	0'022	2'262	0'050	3'250	0'072
6 Krad I (final)	0'447	3	0'077	17'2	12 Krad I (inicial)	8	0'512	0'066	2'306	0'152	3'355	0'221
9 Krad I (inic.)	0'238	6	0'031	13'9								
9 Krad I (final)	0'507	5	0'046	9								
12 Krad I (inic.)	0'259	6	0'026	10'2								
12 Krad I (final)	0'771	4	0'132	17'1								

± Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

±± Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Actividad respiratoria de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos irradiados tardíamente, en el momento de la siembra y después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa
 $d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Compara- G.L.O.N.	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
Siembra de Marzo													
3 Krad II (inic.)	0'199	6	0'017	8'6		7	0'474	0'011	2'365	0'026	3'499	0'038	**
3 Krad II (final)	0'673	3	0'014	2'1	3 Krad II (inicial)								
6 Krad II (inic.)	0'280	6	0'028	10'1		8	0'228	0'056	2'306	0'129	3'355	0'188	**
6 Krad II (final)	0'508	4	0'113	22'2	6 Krad II (inicial)								
9 Krad II (inic.)	0'167	5	0'014	8'4		7	0'423	0'049	2'365	0'116	3'499	0'171	**
9 Krad II (final)	0'590	4	0'098	16'7	9 Krad II (inicial)								
12 Krad II (inic.)	0'208	6	0'017	8'3		7	0'509	0'077	2'365	0'182	3'499	0'269	**
12 Krad II (final)	0'717	3	0'135	18'9	12 Krad II (inicial)								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)
 ** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO	10'6	3	0'24	2'3	testigo							
3 Krad I	5'1	4	1'0	19'7	"	5	5'5	0'519	2'571	1'334	4'032	2'092
6 Krad I	7'8	6	1'0	12'8	"	7	2'8	0'431	2'365	1'019	3'499	1'508
9 Krad I	6	4'	1'0	16'7	"	5	4'6	0'519	2'571	1'334	4'032	2'092
12 Krad I	6'9	"	1'03	14'9	"	"	3'7	0'533	"	1'371	"	2'150

★ Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

★★ Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de los tubérculos testigo e irradiados tempranamente, en el momento de la siembra y después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO (valor inicial)	11'2	4	1'0	8'9								
TESTIGO (valor final)	10'6	3	0'24	2'3	testigo (inicial)	5	0'6	0'519	2'571	1'334	4'032	2'092
3 Krad I (inic.)	10'3	6	0'82	8	3 Krad I (inicial)	8	5'2	0'602	2'306	1'387	3'355	2'018
3 Krad I (final)	5'1	4	1'0	19'7	6 Krad I (inicial)	10	2'3	0'574	2'228	1'279	3'169	1'820
6 Krad I (inic.)	10'1	6	0'99	9'8	9 Krad I (inicial)	8	3'2	0'645	2'306	1'488	3'355	2'165
6 Krad I (final)	7'8	"	1'0	12'8	12 Krad I (inicial)	8	3'2	0'657	2'306	1'515	3'355	2'204
9 Krad I (inic.)	9'2	6	1	10'9								
9 Krad I (final)	6	4	1	16'7								
12 Krad I (inic.)	10'1	5	1	9'9								
12 Krad I (final)	6'9	4	1'03	14'9								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilifero, sembrados en Marzo, de tubérculos testigo e irradiados temprana y tardíamente, después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
Siembra de Marzo													
TESTIGO	4'6	5	0'63	13'6	testigo	8	5'2	0'823	2'306	1'898	3'355	2'762	**
3 Krad I	9'8	"	1'73	17'7	"	9	0'9	0'499	2'262	1'129	3'250	1'622	**
3 Krad II	5'5	6	1'01	18'3	"	8	0'2	0'517	2'306	1'192	3'355	1'735	**
6 Krad I	4'4	5	0'97	22'1	"	7	2	0'531	2'365	1'255	3'499	1'857	**
6 Krad II	6'6	4	0'90	13'7	"	9	4	0'496	2'262	1'121	3'250	1'611	*
9 Krad I	8'6	6	1'0	11'6	"	"	0'7	0'360	"	0'814	"	1'170	**
9 Krad II	5'3	"	0'55	10'4	"	6	1'2	0'383	2'447	0'937	3'707	1'420	*
12 Krad I	3'4	3	0'45	13'3	"	8	2'1	0'314	2'306	0'724	3'355	1'053	**
12 Krad II	2'5	5	0'31	12'3	"								

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilífero sembrados en Marzo, de tubérculos irradiados temprana y tardíamente con 3, 6, 9 y 12 Krad, después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Marzo												
3 Krad I	9'8	5	1'73	17'7	3 Krad I	9	4'3	0'877	2'262	1'983	3'250	2'849
3 Krad II	5'5	6	1'01	18'3								
6 Krad I	4'4	5	0'97	22'1	6 Krad I	7	2'2	0'625	2'365	1'478	3'499	2'186
6 Krad II	6'6	4	0'90	13'7								
9 Krad I	8'6	6	1'0	11'6	9 Krad I	10	3'3	0'466	2'228	1'038	3'169	1'476
9 Krad II	5'3	"	0'55	10'4								
12 Krad I	3'4	3	0'45	13'3	12 Krad I	6	0'9	0'294	2'447	0'720	3'707	1'091
12 Krad II	2'5	5	0'31	12'3								

x Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

xx Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilíferos sembrados en Marzo, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, en el momento de la siembra y después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_1 \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Marzo												
TESTIGO (valor inicial)	3'9	5	0'96	24'7								
TESTIGO (valor final)	4'6	"	0'63	13'6	testigo (inicial)	8	0'7	0'513	2'306	1'184	3'355	1'722
3 Krad I (inic.)	3'5	6	0'96	27'4	3 Krad I (inicial)	9	6'3	0'867	2'262	1'962	3'250	2'818
3 Krad I (final)	9'8	5	1'73	17'7	6 Krad I (inicial)	9	0'6	0'496	2'262	1'122	3'250	1'612
6 Krad I (inic.)	5	6	0'59	11'8	9 Krad I (inicial)	8	4'6	0'464	2'306	1'069	3'355	1'555
6 Krad I (final)	4'4	5	0'97	22'1	12 Krad I (inicial)	7	2'9	0'484	2'365	1'144	3'499	1'693
9 Krad I (inic.)	4	4	0'44	10'9								
9 Krad I (final)	8'6	6	1'0	11'6								
12 Krad I (inic.)	6'3	6	1'0	15'8								
12 Krad I (final)	3'4	3	0'45	13'3								

± Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

±± Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Contenido en ácido ascórbico de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos irradiados tardíamente, en el momento de la siembra y después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
Siembra de Marzo													
3 Krad II (inic.)	8'6	6	1'0	11'6	3 Krad II (inicial)	10	3'1	0'580	2'228	1'292	3'169	1'838	**
3 Krad II (final)	5'5	"	1'01	18'3									
6 Krad II (inic.)	7'5	6	0'71	9'4	6 Krad II (inicial)	8	0'9	0'535	2'306	1'234	3'355	1'796	**
6 Krad II (final)	6'6	4	0'90	13'7									
9 Krad II (inic.)	7'2	6	0'78	10'9	9 Krad II (inicial)	10	1'9	0'390	2'228	0'868	3'169	1'235	**
9 Krad II (final)	5'3	"	0'55	10'4									
12 Krad II (inic.)	6	5	0'91	15'1	12 Krad II (inicial)	8	3'5	0'430	2'306	0'991	3'355	1'442	**
12 Krad II (final)	2'5	"	0'31	12'3									

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Conductividad de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en

Enero, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, después de 4 meses de cultivo.

$$d = m_i - m_j \quad \sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_j^2}{n_j}}$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Compara ción	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO	0'134	4	0'0070	5'2	testigo	6	0'023	0'0051	2'447	0'012	3'707	0'019
3 Krad I	0'157	"	0'0075	4'8	"	"	0'04	0'0054	"	0'013	"	0'020
6 Krad I	0'174	"	0'0082	4'7	"	"	0'11	0'0107	"	0'026	"	0'040
9 Krad I	0'244	"	0'0203	8'3	"	"	0'032	0'0062	"	0'015	"	0'023
12 Krad I	0'166	"	0'0103	6'2	"	"						

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: Conductividad de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en

Marzo, de tubérculos testigo e irradiados temprana y tardíamente, después de 4 meses de cultivo

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	\bar{d}	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$	
Siembra de Marzo													
TESTIGO	0'106	4	0'0037	3'5	testigo	6	0'069	0'0041	2'447	0'010	3'707	0'015	xx
3 Krad I	0'175	"	0'0074	4'2	"	"	0'065	0'0044	"	0'011	"	0'016	xx
3 Krad II	0'171	"	0'0080	4'7	"	"	0'06	0'0052	"	0'013	"	0'019	xx
6 Krad I	0'166	"	0'0098	5'9	"	"	0'062	0'0063	"	0'015	"	0'023	xx
6 Krad II	0'168	"	0'0121	7'2	"	"	0'138	0'0055	"	0'013	"	0'020	xx
9 Krad I	0'244	"	0'0105	4'3	"	"	0'014	0'0036	"	0'009	"	0'013	xx
9 Krad II	0'120	"	0'0062	5'2	"	"	0'039	0'003	"	0'007	"	0'011	xx
12 Krad I	0'067	"	0'0050	7'5	"	"							xx

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

xx Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: pH de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Enero, de tubérculos testigo e irradiados tempranamente, después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\sigma_i^2 + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Enero												
TESTIGO	6'32	4	0'202	3'2								
3 Krad I	6'08	"	0'274	4'5	testigo	6	0'24	0'170	2'447	0'416	3'707	0'630
6 Krad I	6'07	"	0'261	4'3	"	"	0'25	0'165	"	0'404	"	0'612
9 Krad I	6'22	"	0'156	2'5	"	"	0'11	0'128	"	0'313	"	0'474
12 Krad I	6'04	"	0'308	5'1	"	"	0'28	0'184	"	0'450	"	0'682

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)

PRUEBA DE SIGNIFICACION DE LA DIFERENCIA DE DOS MEDIAS SEGUN LA "t" DE STUDENT PARA COMPARACION

ENTRE LOS VALORES MEDIOS DE: pH de los tejidos de parénquima amilífero, sembrados en Marzo, de tubérculos testigo e irradiados temprana y tardíamente, después de 4 meses de cultivo.

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{\sigma_i^2}{n_i} + \frac{\sigma_1^2}{n_1}}$$

$$d = m_i - m_1$$

$d \geq \sigma_d \times t_p$ Diferencia significativa

$d < \sigma_d \times t_p$ Diferencia no significativa

TRATAMIENTO	m_i	n_i	σ_i	C.V.	Comparación	G.L.	d	σ_d	t_{95}	$\sigma_d \times t_{95}$	t_{99}	$\sigma_d \times t_{99}$
Siembra de Marzo												
TESTIGO	5'80	4	0'139	2'4	testigo	6	0'16	0'452	2'447	1'106	3'707	1'675
3 Krad I	5'96	"	0'894	1'5	"	"	0					
3 Krad II	5'80	"	0'186	3'2	"	"	0'28	0'154	2'447	0'377	3'707	0'571
6 Krad I	6'08	"	0'274	4'5	"	"	0'18	0'125	"	0'306	"	0'463
6 Krad II	5'98	"	0'209	3'5	"	"	0'01	0'114	"	0'279	"	0'423
9 Krad I	5'81	"	0'180	3'1	"	"	0'05	0'134	"	0'328	"	0'497
9 Krad II	5'75	"	0'230	4	"	"	0'1	0'166	"	0'406	"	0'615
12 Krad I	5'7	"	0'302	5'3	"	"						

* Diferencia significativa (al nivel del 95 %)

** Diferencia altamente significativa (al nivel del 99 %)